

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería en Tecnologías Industriales

Estudio de la aplicación de blindobarras en edificios no industriales

Autor: Manuel Barrena Marabotto

Tutor: Agustín Maraver Guerrero

**Dep. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de
Ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería en Tecnologías Industriales

Estudio de la aplicación de blindobarras en edificios no industriales

Autor:

Manuel Barrena Marabotto

Tutor:

Agustín Maraver Guerrero

Profesor Asociado

Dep. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Trabajo Fin de Grado: Estudio de la aplicación de blindobarras en edificios no industriales

Autor: Manuel Barrena Marabotto

Tutor: Agustín Maraver Guerrero

El tribunal nombrado para juzgar el trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes profesores:

Presidente:

Vocal/es:

Secretario:

acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha:

A mi familia

A mis amigos

A mis profesores

Agradecimientos

A Agustín Maraver Guerrero, mi tutor, por ofrecerme este trabajo que tanto me ha entusiasmado, involucrándose en él, dándome su apoyo en todo momento y teniendo una gran filosofía de motivación y trabajo que me ha ayudado a mejorar personal y profesionalmente.

A toda mi familia, mi principal estandarte. Por darme ese cariño tan puro que uno tanto necesita. En especial a mi primo Antonio porque es como un hermano para mí, por su tacto y comprensión para los problemas y por mantenerse siempre a mi lado.

Muchas gracias a mi padre, por ayudarme en todas las complicaciones que han surgido, poniendo en mi mano todo su conocimiento y pasión. Por el amor y apoyo mostrado y en general por ser un referente en mi vida.

A mi madre, por ofrecerme todo lo que ella tiene, por su generosidad que tanto facilita el trabajo y estudio, por su comprensión y en especial por su dedicación en mi cuidado y educación que me ha ayudado mucho en mi evolución como persona.

A mi hermana, por todo el cariño mostrado, por mantener su esencia y por ayudarme en los momentos difíciles.

A mis amigos y compañeros de piso, por aguantarme, comprenderme y saber tratarme. Por todos los momentos felices y especiales vividos durante el año.

A mis amigos de Córdoba por estar ahí siempre, pese a la lejanía. Por escucharme y saber lo que necesito. Por regalarme tantas risas y cariño.

A Carlota y Maria, por mostrar constantemente su atención, su apoyo y su simpatía. Por sus consejos y por ocupar un gran lugar en mi vida.

*Manuel Barrena Marabotto
Sevilla, 2018*

Resumen

La utilización de líneas independientes, formadas por cables que discurren a través de canalizaciones, es normalmente la opción seleccionada para la distribución de energía eléctrica en cualquier instalación de baja tensión, ya que es un método muy contrastado, económico y fiable. Sin embargo, el avance tecnológico y, en consecuencia, el progreso en el ámbito eléctrico hace que puedan plantearse otras alternativas para el reparto de energía eléctrica. En concreto, el uso de blindobarras, formadas por láminas de cobre envueltas en un revestimiento metálico, constituye una posibilidad como sistema de distribución y ofrece muchas ventajas en comparación con el método convencional en el que se utilizan las líneas anteriormente mencionadas.

En este estudio se analizará la viabilidad técnica y económica de la aplicación de blindobarras en diversos tramos de la instalación eléctrica evaluada, la cual ya se encuentra resuelta utilizando líneas independientes.

El objetivo de este estudio es doble, ya que además del análisis anterior se expondrán los elementos que constituyen la instalación eléctrica, explicando su diseño, dimensionamiento y cálculo mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel y centrándonos especialmente en los componentes que influyen en el caso de estudio.

Tras el análisis técnico y económico, el estudio finaliza con una discusión en la que se valora la colocación del nuevo sistema de blindobarras como alternativa al uso de las líneas ya implantadas.

Abstract

Independents lines are composed of electrical channeling containing different types of cables. This is the most common system to distribute electric power in electrical installations, mainly because it uses to be the most contrasted, economic and reliable method. However, technological advance in the field of electrical components brings us new opportunities to consider power distribution alternative methods. In particular, busway trunking systems, composed by a sheet metal duct containing either copper or aluminium busbars, becomes nowadays a real possibility as distribution system. By comparing to classical electrical lines, busway trunking systems offer a bunch of nice properties that can outperform the former ones, although they also show some drawbacks.

This study analyzes the technical and economic viability of using a busway trunking system as an alternative to the classical power distribution solution in a real installation of a future official building. In addition to the previous analysis, this study also includes a detailed description of the whole electrical installation along the building, by covering the design, sizing and calculations of the main components of the installation. All the calculations have been done by means of an Excel spreadsheet.

Beyond the technical and economical aspect of our analysis, this study concludes with a general discussion about the opportunity of using the busway trunking system as an alternative to the classical power lines in the building under construction.

Índice

<i>Resumen</i>	V
<i>Abstract</i>	VII
<i>Notación</i>	XV
<i>Acrónimos</i>	XVIII
1 Memoria	1
1.1 Antecedentes históricos	1
1.2 Introducción	3
1.3 Objetivo del trabajo	3
1.4 Alcance del trabajo	4
1.5 Justificación del trabajo	5
1.6 Legislación aplicable	5
1.7 Descripción del edificio	6
1.8 Condicionantes de partida	6
1.9 Descripción general de la instalación eléctrica	7
1.10 Prescripciones generales	9
1.11 Definición del problema	9
1.11.1 Alimentación mediante blindobarras	10
1.11.2 Alimentación mediante líneas independientes	11
1.11.3 Criterio de elección	13
1.12 Generalidades y descripción de los elementos de la instalación	14
1.12.1 Instalación eléctrica de media tensión	14
Acometida	14
Centro de Transformación	14

1.12.2	Grupo electrógeno y Sistemas de Alimentación Ininterrumpida	17
1.12.3	Cuadros eléctricos	18
	Cuadro General de Baja Tensión	21
	Cuadros secundarios	21
1.12.4	Canalizaciones	22
1.12.5	Cables eléctricos	24
1.12.6	Protecciones	26
	Protección de la instalación	26
	Protección de las personas	27
	Selectividad y filiación	27
1.12.7	Batería de condensadores	28
1.12.8	Alumbrado	29
	Iluminación interior	30
	Iluminación exterior	31
	Alumbrados especiales	31
1.12.9	Fuerza	31
1.13	Análisis del problema	33
1.13.1	Introducción	33
1.13.2	CGBT	34
1.13.3	Cuadro General del Sótano 1 Bloque 1	35
1.13.4	Cuadro General de Sótano 1 Bloque 2	36
1.13.5	Cuadro General del Sótano 1 Bloque 3	38
1.13.6	Cuadro General del Sótano 1 Bloque 4	39
1.13.7	Cuadro de alumbrado y fuerza de la planta 3 del bloque 2	40
1.13.8	Dimensionado de blindobarras	42
	Introducción	42
	Blindobarra cuadro CGS1B1	43
	Blindobarra cuadro CGS1B2	45
	Blindobarra cuadro CGS1B3	47
	Blindobarra cuadro CGS1B4	48
	Blindobarra Cuadro CP3B2AFPL	50
	Resumen blindobarras instaladas	52
1.14	Conclusiones	53

Apéndice A Anexo de cálculo	57
A.1 Introducción	57
A.2 Herramienta de cálculo	57
A.3 Definiciones	58
A.4 Consideraciones previas	60
A.5 Criterios de dimensionamiento de los conductores	61
A.6 Fórmulas de cálculo	62
A.6.1 Introducción	62
A.6.2 Fórmulas básicas	63
A.6.3 Baterías de condensadores y energía reactiva	64
A.6.4 Intensidad máxima admisible	64
A.6.5 Caída de tensión	65
Caída de tensión monofásica	66
Caída de tensión trifásica	66
Cálculo de resistencias y reactancias del conductor	66
Caída de tensión en blindobarras	68
Fórmula final	69
A.6.6 Corrientes de cortocircuito	69
A.7 Parámetros iniciales	71
A.8 Componentes de la instalación	73
A.8.1 Canalizaciones	73
Blindobarras	74
A.8.2 Cables eléctricos	74
A.8.3 Cuadros eléctricos	75
A.8.4 Receptores	75
A.9 Coeficiente de simultaneidad	76
A.10 División de la instalación y codificación	77
A.10.1 Sistema de codificación	78
Codificación de cuadros	78
Codificación de sistemas de alimentación	79
Codificación de las cargas	79
A.11 Cálculo de la instalación	80
A.11.1 Análisis de los requisitos	80

A.11.2	Consideraciones para el cálculo de la sección	81
A.11.3	Dimensionado del conductor neutro	82
A.11.4	Dimensionado del conductor de protección	82
A.11.5	Dimensionado de los conductores de fase	83
	Intensidad máxima admisible	83
	Caída de tensión	85
	Cálculo de cortocircuito	86
A.11.6	Dimensionado de las blindobarras	88
A.11.7	Dimensionado de las protecciones	89
	Protección frente a contactos directos e indirectos	91
	Dimensionado de la protección diferencial	92
A.11.8	Cálculo del tiempo de cortocircuito	93
A.11.9	Resultados diseño de la instalación	93
A.12	Protección exterior contra el rayo	97
A.12.1	Necesidad del Dispositivo de Protección y nivel de protección	98
A.12.2	Radio de protección	98
A.12.3	Bajantes del Pararrayos	99
A.12.4	Resultados Pararrayos	99
A.13	Instalación de puesta a tierra de protección	101
A.13.1	Régimen de neutro y objetivo	101
A.13.2	Características del terreno	101
A.13.3	Características de la toma de tierra	102
A.13.4	Fórmulas para la resistencia	103
A.13.5	Tensión de contacto	103
A.13.6	Cálculo de la resistencia de puesta a tierra	104
A.13.7	Puesta a tierra de servicio	104
A.13.8	Resultados Instalación de Tierras	105
Apéndice B Anexo de base de precios		107
B.1	Introducción	107
B.2	Precios descompuestos líneas independientes	107
B.3	Precios descompuestos blindobarras	108
B.4	Resultados	109

Apéndice C Anexo de Mediciones y Presupuesto	129
C.1 Introducción	129
C.2 Mediciones y presupuesto líneas independientes	129
C.3 Mediciones y presupuesto blindobarras	130
C.4 Hoja de resultados de mediciones y presupuestos	130
 Apéndice D Anexo de Planos	 153
D.1 Esquema de cuadros	153
D.2 Planos de planta	155
D.2.1 Sótano 1	155
D.2.2 Nivel 0	157
D.2.3 Nivel 1	159
D.2.4 Nivel 2	161
D.2.5 Nivel 3	163
D.2.6 Nivel 4	165
D.2.7 Nivel 5	167
D.2.8 Cubierta	169
D.3 Esquemas unifilares	171
 Apéndice E Anexo de documentación de blindobarras	 175
E.1 Introducción	175
E.2 Definición	176
E.3 Componentes	176
E.4 Tipos de blindobarras	178
E.5 Características	179
E.6 Comparativa con cables convencionales	183
E.7 Factores a considerar	185
E.8 Aplicaciones	186
 <i>Índice de Figuras</i>	 189
<i>Índice de Tablas</i>	191
<i>Índice de Códigos</i>	193
<i>Bibliografía</i>	195
<i>Índice alfabético</i>	197

Glosario

199

Notación

\mathbb{R}	Cuerpo de los números reales
\mathbb{C}	Cuerpo de los números complejos
$\ \mathbf{v}\ $	Norma del vector \mathbf{v}
$\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle$	Producto escalar de los vectores \mathbf{v} y \mathbf{w}
$ \mathbf{A} $	Determinante de la matriz cuadrada \mathbf{A}
$\det(\mathbf{A})$	Determinante de la matriz (cuadrada) \mathbf{A}
\mathbf{A}^\top	Transpuesto de \mathbf{A}
\mathbf{A}^{-1}	Inversa de la matriz \mathbf{A}
\mathbf{A}^\dagger	Matriz pseudoinversa de la matriz \mathbf{A}
\mathbf{A}^H	Transpuesto y conjugado de \mathbf{A}
\mathbf{A}^*	Conjugado
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
■	Como queríamos demostrar
□	Fin de la solución
e.o.c.	En cualquier otro caso
e	número e
e^{jx}	Exponencial compleja
$e^{j2\pi x}$	Exponencial compleja con 2π
e^{-jx}	Exponencial compleja negativa
$e^{-j2\pi x}$	Exponencial compleja negativa con 2π
Re	Parte real
Im	Parte imaginaria

sen	Función seno
tg	Función tangente
arc tg	Función arco tangente
$\sin^y x$	Función seno de x elevado a y
$\cos^y x$	Función coseno de x elevado a y
Sa	Función sampling
sgn	Función signo
rect	Función rectángulo
Sinc	Función sinc
$\frac{\partial y}{\partial x}$	Derivada parcial de y respecto a x
x°	Notación de grado, x grados.
$\text{Pr}(A)$	Probabilidad del suceso A
$E[X]$	Valor esperado de la variable aleatoria X
σ_X^2	Varianza de la variable aleatoria X
$\sim f_X(x)$	Distribuido siguiendo la función densidad de probabilidad $f_X(x)$
$\mathcal{N}(m_X, \sigma_X^2)$	Distribución gaussiana para la variable aleatoria X , de media m_X y varianza σ_X^2
\mathbf{I}_n	Matriz identidad de dimensión n
$\text{diag}(\mathbf{x})$	Matriz diagonal a partir del vector \mathbf{x}
$\text{diag}(\mathbf{A})$	Vector diagonal de la matriz \mathbf{A}
SNR	Signal-to-noise ratio
MSE	Minimum square error
$:$	Tal que
$\stackrel{\text{def}}{=}$	Igual por definición
$\ \mathbf{x}\ $	Norma-2 del vector \mathbf{x}
$ \mathbf{A} $	Cardinal, número de elementos del conjunto \mathbf{A}
$\mathbf{x}_i, i = 1, 2, \dots, n$	Elementos i , de 1 a n , del vector \mathbf{x}
$\text{d}x$	Diferencial de x
\leq	Menor o igual
\geq	Mayor o igual
\backslash	Backslash
\Leftrightarrow	Si y sólo si

$x = a + 3 = 4$ $\quad \quad \uparrow$ $\quad \quad a=1$	Igual con explicación
$\frac{a}{b}$	Fracción con estilo pequeño, a/b
Δ	Incremento
$b \cdot 10^a$	Formato científico
\xrightarrow{x}	Tiende, con x
O	Orden
TM	Trade Mark
$\mathbb{E}[x]$	Esperanza matemática de x
C_x	Matriz de covarianza de x
R_x	Matriz de correlación de x
σ_x^2	Varianza de x

Acrónimos

AC	Alternating Current
BT	Baja Tensión
CGBT	Cuadro General de Baja Tensión
CGD	Cuadro General de Distribución
CT	Centro de Transformación
DC	Direct Current
IEPR	Instalación Exterior de Protección contra el Rayo
ITC	Instrucción Técnica Complementaria
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
PDC	Pararrayos con Dispositivo de Cebado
PIA	Pequeño Interruptor Automático
REBT	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
SAI	Sistema de Alimentación Ininterrumpida
UNE	Una Norma Española

1 Memoria

1.1 Antecedentes históricos

La electricidad se considera un fenómeno físico relacionado con la presencia y el flujo de cargas eléctricas. El ser humano, a lo largo de su evolución ha sido capaz de aprovecharse de dicho fenómeno en la gran mayoría de áreas de la vida, ya que prácticamente cualquier actividad humana en la actualidad implica el uso de energía eléctrica. Este interés por el aprovechamiento de la electricidad ha traído consigo un gran desarrollo tecnológico y científico, siendo su avance determinante para muchos de los grandes descubrimientos de la humanidad.

Según [25], se tiene conocimiento de que ya en el año 600 a.C. los griegos se percataron de este fenómeno. El conocido filósofo, matemático y físico Tales de Mileto observó que frotando una varilla de ámbar con lana y piel se obtenían pequeñas cargas que atraían objetos de dimensión reducido, y que si persistía el movimiento, se creaba una chispa.

Pese a la percepción del fenómeno, no es hasta el siglo XVIII cuando comienza el tratamiento científico de la electricidad. Los pioneros que analizan la electricidad con resultados razonables en sus investigaciones son los que dan nombre a las unidades utilizadas hoy en día en las medidas de las magnitudes relacionadas con el fenómeno (Ohm, Volta, Coulomb...). La comprensión final de la electricidad la aportó Maxwell con sus ecuaciones ([24])(1861-1865) uniendo este fenómeno con el magnetismo (electromagnetismo).

A finales del siglo XIX dos ingenieros, Nikola Tesla y Thomas Alva Edison, revolucionaron con sus diferentes perspectivas y métodos de investigación el mundo de la electricidad. Thomas A. Edison fue un exitoso inventor y hombre de negocios, con una mentalidad económica ambiciosa y capitalista, fue fundador de General Electric. Apostaba por la corriente continua DC. Inventó la primera lámpara incandescente y en 1882 consiguió iluminar Pearl Street (New York), la primera calle con iluminación eléctrica de la historia.

Nikola Tesla fue un prodigioso ingeniero, pionero en los sistemas eléctricos de corriente alterna AC. Desarrolló muchas de las máquinas eléctricas utilizadas en la actualidad al igual que sistemas de transmisión

de potencia en AC. Comenzó trabajando en la empresa de Edison pero por sus múltiples discrepancias acabó abandonando para incorporarse a la empresa Westinghouse. Mantuvo una batalla comercial con Edison y su empresa por establecer su perspectiva eléctrica en el mercado y la manera de explotar industrialmente la corriente eléctrica. En 1893 Tesla demostró en la exposición mundial de Chicago que los sistemas AC y su transmisión eran viables y ventajosos sobre los DC.

Ya hemos podido comprobar que hace dos siglos ya se explotaba el fenómeno de la electricidad para facilitar la vida del ser humano. En los últimos años se ha experimentado una evolución vertiginosa en cuanto a las instalaciones eléctricas se refiere. La primera estación eléctrica, la termoeléctrica de Pearl Street, creaba 130 kW y alimentaba a 400 bombillas y 82 clientes. Hoy día existen centrales eléctricas con 14000 MW de potencia instalada y resulta prácticamente imposible encontrar cualquier zona poblada sin electrificar.

Este progreso ha supuesto una gran evolución tanto en la generación de energía como en la ampliación y mejora de los sistemas eléctricos, y en concreto de las instalaciones eléctricas. En este contexto, sobre los años 20 en EEUU, surgió en el sector automovilístico la necesidad de redistribuir las máquinas y los procesos de fabricación al cambiarse el modelo de automóvil. Esto conllevaba un cambio en el sistema de distribución eléctrica, con unos requisitos exigentes en cuanto a la reducción de plazos, tanto de estudio como de montaje en obra, de las líneas de distribución de energía. Por la necesidad de redistribuir toda la industria se comenzaron a diseñar y utilizar sistemas flexibles de distribución de energía.

Es así como surgió la idea de distribuir la energía eléctrica en baja tensión mediante canalizaciones prefabricadas o blindobarras, y no a través de cables. En Europa, en el año 1942 se conoció la primera blindobarra. La palabra incluye el término "barra" como herramienta conductora de la electricidad y "blindo" en referencia a que dichas barras están protegidas por una envolvente sólida y resistente, es decir, están "blindadas".

El crecimiento de este tipo de sistemas fue complicado, ya que el precio de transportar la energía eléctrica en canalizaciones con pletinas de cobre era más alto que utilizar cables. Sin embargo, el ahorro en los tiempos de instalación y su flexibilidad impulsó la entrada de este producto en el mercado industrial, ya que muchas fábricas en crecimiento exigían cambios en sus procesos. Con el uso de las blindobarras los tramos modulares se podían añadir a líneas ya instaladas y las cargas se podían redistribuir simplemente cambiando de posición las derivaciones a lo largo de la línea. Además, las canalizaciones prefabricadas se podían trasladar, desmontándose y montándose posteriormente en otra planta.

Durante años posteriores, las blindobarras han experimentado una fuerte evolución, siendo capaces de adaptarse a la mayoría de las condiciones impuestas por el establecimiento donde se pretenden instalar. Además, al existir una envolvente que actúa como conducción de protección, han contribuido a mejorar los niveles de seguridad de las instalaciones. Actualmente, están ampliamente estandarizadas y su utilización es muy común en todo tipo de instalaciones, como se muestra en el anexo de blindobarras, apartado E.8.

1.2 Introducción

En la actualidad, cualquier edificio o establecimiento, por grande o pequeño que sea, cuenta con una instalación eléctrica con el objetivo de aportar energía eléctrica a todo el emplazamiento. Esta instalación, que se diseña y calcula previamente para el caso de estudio correspondiente, tiene que regirse por unas normas marcadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión con el fin de proporcionar un suministro eléctrico seguro, continuo y lo más eficiente posible.

La distribución de la energía eléctrica en todo el edificio es uno de los puntos más importantes a resolver en el diseño de la instalación, ya que suelen existir muchas cargas que demandan una determinada potencia y por tanto han de ser alimentadas mediante cables, formando circuitos.

Es en este punto donde nos encontramos la disyuntiva que va a marcar el desarrollo de este trabajo. Existen fundamentalmente dos maneras de distribuir la energía eléctrica en el edificio:

- Mediante el uso de cables convencionales: Este es el método que suele utilizarse para la mayoría de instalaciones eléctricas resueltas hoy en día, ya que es una tecnología muy estudiada. Se trata básicamente de alimentar cada carga individualmente mediante una línea independiente, por la cual circulará un cable, protegido por un interruptor y resguardado en una canalización determinada (bandeja o tubo).
- Mediante canalizaciones eléctricas prefabricadas o blindobarras: Constituye una alternativa a la distribución de energía eléctrica. Consiste en alimentar varias cargas mediante un conducto eléctrico formado por láminas de cobre en su interior y un revestimiento metálico. Tiene la capacidad de transmitir toda la potencia en su recorrido, así como de facilitar el esquema eléctrico ya que una blindobarra pueden alimentarse varias cargas. Proporciona un suministro más seguro y eficiente, sin embargo, resulta más costoso que la distribución tradicional mediante cables.

En este trabajo se estudiará la posibilidad de implantar este último sistema de distribución en ciertos tramos de la instalación, además de comprender y analizar la solución ya propuesta para dicha instalación. La instalación de blindobarras resulta especialmente adecuada en zonas que requieran alimentación a diferentes plantas y con cargas que demandan gran potencia (cuadros eléctricos), por lo que los casos a analizar se ajustarán a estos criterios

1.3 Objetivo del trabajo

El presente trabajo tiene por objeto analizar y proponer una solución de distribución de energía eléctrica, alternativa a la ya implantada, en una instalación eléctrica que ya se encuentra diseñada y resuelta, utilizando para ello líneas independientes con cables convencionales. Dicha solución se centrará en la instalación de

blindobarras en determinadas zonas del edificio, haciendo una valoración técnica y económica de las dos posibles opciones de distribución del suministro eléctrico (líneas independientes o blindobarras). Se valorará la viabilidad económica de la propuesta, exponiendo las ventajas que supone el nuevo sistema y si es posible su implantación.

Se especificarán todos los elementos que componen ambas soluciones y se justificará su adecuación con el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT-01 a ITC-BT-51) [21].

Por otra parte, el fin último de la realización de este trabajo es la presentación y defensa del Trabajo de Fin de Grado del alumno Manuel Barrena Marabotto, en el que pretendo poner de manifiesto gran parte de los conocimientos adquiridos durante mis estudios de Ingeniería en un contexto de aplicación real.

1.4 Alcance del trabajo

Con la realización del trabajo se pretende alcanzar dos objetivos básicos:

- Conocer y familiarizarse con la resolución de la instalación eléctrica del edificio, con el detallado de todos sus componentes y su diseño de manera que cumplan con la normativa vigente (REBT).
- Valorar técnica y económicamente la instalación formada por canalizaciones eléctricas prefabricadas como herramienta para la distribución de energía eléctrica en diferentes plantas del edificio, comparándola con la utilización de cables en líneas independientes.

El cálculo y diseño de los diferentes elementos que componen la instalación eléctrica estará justificado mediante el Anexo de cálculo, en el que se presentan las fórmulas y la metodología utilizada en la hoja de cálculo de Microsoft Excel para resolver la instalación eléctrica de manera que se adapte a las estipulaciones del REBT. En esta sección se incluirá el dimensionamiento de los conductores, el diseño de las protecciones oportunas, la instalación de puesta a tierra y del pararrayos.

Estos cálculos servirán de base para la decisión de implantar blindobarras en determinados lugares de la instalación. Esta alternativa comprenderá el uso de canalizaciones eléctricas prefabricadas que, partiendo de los cuadros generales del sótano, recorran diferentes plantas del edificio con el fin de alimentar un número determinado de cuadros con las blindobarras. Además, se analizará el caso de alimentación a cuadros de laboratorios desde los de alumbrado y fuerza de planta.

Esta opción, con los gastos correspondientes en los materiales, expuestos en el Anexo de precios y de mediciones y presupuesto, se comparará con la instalación de líneas independientes que alimenten uno a uno a los mismos cuadros. En dichas líneas se utilizarán cables convencionales. Se expondrán en los próximos apartados las alternativas a valorar, así como las posibles ventajas e inconvenientes de elegir un sistema u otro de distribución de energía eléctrica.

1.5 Justificación del trabajo

Con la realización de este trabajo se afianzarán los contenidos estudiados en la asignatura de Proyectos y en varias asignaturas de índole eléctrica (en particular Distribución de Energía Eléctrica), se profundizará en el estudio y aplicación de los sistemas de canalización prefabricados y en los pasos a seguir para la resolución de una instalación eléctrica, utilizando como herramienta la hoja de cálculo en Microsoft Excel y basándose en los planos del edificio para la medición y el presupuesto de ambas alternativas.

Además, este estudio será de gran utilidad para aplicar muchos de los conocimientos adquiridos a lo largo de los estudios de Grado, tratándose de un trabajo con una orientación eminente práctica, la cual permite acercarse a un contexto realista que servirá como aproximación a las competencias adquiridas.

1.6 Legislación aplicable

La redacción del trabajo y el diseño de la instalación se efectuará de acuerdo con lo prescrito en los siguientes reglamentos vigentes:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) aprobado por el Real Decreto 842/2002 el 2 de agosto y publicado en el BOE n.º 224 de 18 de septiembre de 2002 de conformidad con el Consejo de Estado.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA de referencia utilizadas en el REBT, a continuación se exponen las más importantes:
 - UNE 20460-5-523: Selección e instalación de los materiales eléctricos. Sección 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
 - UNE 20460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
 - UNE 20460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
 - EN-IEC 60 947: Aparatura de baja tensión.
 - UNE 21144-2: Cálculo de la intensidad admisible. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencias.
 - UNE-EN 60909-0:2002: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corrientes alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- UNE-EN 61439-6: Conjuntos de aparatura de baja tensión. Parte 6: Canalizaciones prefabricadas. Normativa relacionada con el uso e instalación de blindobarras.

- UNE 157001: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. Normativa que regula la redacción de los diferentes documentos de un proyecto y qué deben incluir los mismos.
- Normas internas de la compañía suministradora de electricidad.

Además, se cumplirán las indicaciones ofrecidas por la Universidad de Sevilla en lo referente a las instalaciones de electricidad en su memoria descriptiva de instalaciones.

1.7 Descripción del edificio

El edificio en estudio se trata de una construcción con carácter docente y con el fin de albergar actividades de docencia universitaria. Su previsión de uso es acoger a más de 3000 personas entre alumnos, profesores y empleados.

El edificio consta de 4 bloques. Se divide en 8 alturas diferentes además de la cubierta, 6 plantas (de P0 a P5) y 2 sótanos, con una nave industrial independiente que también será alimentada eléctricamente, aunque no es objeto de este trabajo. Los lugares en los que se encuentran los cuadros y los elementos que necesitarán suministro se especificarán convenientemente a lo largo del documento.

1.8 Condicionantes de partida

Antes de determinar los requisitos del trabajo y la justificación de la resolución de parte de la instalación eléctrica, se tomarán en cuenta una serie de condicionantes que ayudarán a la mejor comprensión del problema y servirán de base de partida.

- El edificio estudiado está en construcción, por lo que no se tienen datos anteriores acerca de la instalación eléctrica, sino que se tendrán que diseñar todos los elementos que la componen, valorando cuáles son los más convenientes técnica y económicamente.
- Al ser un edificio docente de carácter académico, el REBT lo considera un local de pública concurrencia y, por tanto, requiere de proyecto técnico. Los servicios de seguridad deberán satisfacer lo indicado en la ITC-BT-28.
- La energía eléctrica proveniente de la red de distribución pública pasa previamente por un centro de transformación propio del edificio, que transforma la tensión a 400/230 V, tensión nominal marcada por el REBT.
- El suministro de energía se recibe en edificios que serán prefabricados o bien formando parte del edificio en construcción. Se emplean tres modos de suministro diferentes, para asegurar en todo momento la continuidad de la energía eléctrica. Estos suministros son:

- Red normal: se recibe mediante tensión a través de un centro de transformación con seccionamiento accesible a la compañía suministradora.
- Grupo electrógeno: En Baja Tensión para atender a servicios esenciales.
- Sistema/s de Alimentación Ininterrumpida (SAI): En Baja Tensión para atender ciertos servicios vitales. Se sitúa en niveles inferiores.

Cada uno de dichos suministros se sitúa en un cuadro único con embarrados independientes o en zonas diferenciadas.

- Se debe alimentar a dos dependencias: nave y edificio. El proyecto se centrará en el suministro referente al edificio docente. La nave se abastece mediante red, grupo electrógeno y SAI, mientras que la fuerza y alumbrado del edificio recibe el mismo suministro que la nave y los sistemas de climatización se alimentan mediante la red.
- En el edificio se instala un Cuadro General de Baja Tensión, ubicado en el sótano 1, que recibe la alimentación desde el centro de transformación.
- En el Centro de Transformación se instalan 3 transformadores en paralelo, con una potencia de 800 kVA cada uno y una tensión de cortocircuito de 6 %.

1.9 Descripción general de la instalación eléctrica

Se procede a continuación a hacer una descripción global de la instalación eléctrica del edificio en estudio, sin entrar en detalles de cada uno de sus elementos, pero introduciendo los más importantes de manera que, tras la lectura de este apartado, se tenga una idea general acerca de las principales características de la instalación que se va a diseñar.

Como se ha comentado anteriormente, el suministro de energía eléctrica procede de tres fuentes diferenciadas. La red de distribución eléctrica proveniente de la compañía suministradora (ENDESA) llega subterráneamente en media tensión al Cuadro General de Distribución (CGD) del Centro de Transformación (CT) propio del edificio. La energía eléctrica recibida por el CT tiene una tensión de servicio de 20 kV y 50 Hz de frecuencia. Mediante 3 transformadores de 800 kVA de potencia asignada se convierte la energía a las condiciones nominales de 400 V alterna (entre fases para redes trifásicas) y con ello se satisfacen los requerimientos de potencia de la instalación. Esta energía eléctrica llega a la nave y al edificio, que la recibe a través del Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) donde se instalan aquellos dispositivos que permitan controlar, proteger y distribuir la energía eléctrica que circula por el edificio.

El CGBT se encuentra situado en el sótano 1 y recibe el suministro de red. A este cuadro irá conectado el grupo electrógeno en otro embarrado, mediante un interruptor con enclavamiento mecánico que permite

habilitar o no el funcionamiento del grupo. El tendido se desarrolla sobre bandeja. La alimentación de red, grupo y SAI se encuentran en embarrados debidamente diferenciados, pudiendo ofrecer suministro a la instalación en su totalidad o a parte de ella (elementos que se consideren importantes). El CGBT cuenta en su interior con una batería de condensadores variable, para regular la energía reactiva, mejorando el factor de potencia y controlando el suministro eléctrico.

Desde el CGBT parten varias líneas de alimentación en canalización de bandeja hacia los diversos cuadros generales y secundarios, que se hallan sobre todo en el sótano del edificio. La instalación se divide en varios nodos que albergan los cuadros eléctricos. Cada cuadro estará diseñado para alimentar a una serie de consumidores de diferente tipo, situados cerca del mismo. Además de los suministros de grupo y red, se añaden a determinados cuadros considerados de importancia Sistemas de Alimentación Ininterrumpida. En adición a los cuadros generales y secundarios, se instalan cuadros independientes para locales técnicos, núcleo de ascensores, salas de instalaciones, etc.

En este trabajo se hace especial hincapié en los cuadros generales del sótano 1 "CGS1B1", "CGS1B2", "CGS1B3" y "CGS1B4", cuya salida plantea dos alternativas: la instalación de blindobarras que alimenten a cuadros secundarios de diferentes plantas o la colocación de líneas independientes que abastezcan a dichos cuadros de forma individual. Estas propuestas serán expuestas y analizadas posteriormente.

Además, se analizará especialmente la distribución de energía eléctrica desde los cuadros secundarios de alumbrado y fuerza de planta a los diferentes cuadros de laboratorio de dicha planta, valorando la posibilidad de incluir blindobarras en su alimentación.

De los diferentes cuadros secundarios hasta los puntos de consumo correspondientes, que son en su mayoría de alumbrado y fuerza, parten líneas de alimentación directa a los receptores, a través de canalizaciones en forma de tubos. El dimensionamiento de los conductores de cada tramo tiene que cumplir los criterios expuestos en el Anexo de Cálculo.

Cada uno de los tramos de la instalación está convenientemente protegido frente a cortocircuitos y sobrecargas mediante interruptores automáticos magnetotérmicos y los interruptores diferenciales se utilizarán para la protección de personas y material frente a contactos directos e indirectos, además de servir de apoyo a los primeros.

El suministro puede ser, dependiendo de las especificaciones del consumidor, monofásico, para lo que se utiliza un conductor de fase, un neutro y otro de protección y trifásico, para lo cual se emplean tres conductores unipolares de fase, un neutro y otro de protección.

Además de lo descrito anteriormente, se instala en la cubierta del edificio un dispositivo de protección contra el rayo y un sistema de puesta a tierra para derivar posibles intensidades de defecto que surjan de manera accidental. El régimen de neutro utilizado es el TT, por lo que hay una puesta a tierra de protección y otra de servicio para cerrar el bucle de defecto.

1.10 Prescripciones generales

La instalación eléctrica que engloba este trabajo cumple con las siguientes prescripciones de carácter general, que son consideradas para el diseño de la instalación:

- Se dota de suministro alternativo a ascensores, alumbrado y centrales de seguridad.
- Los puestos de trabajo y los equipos de seguridad han de abastecerse con suministro ininterrumpido.
- La medida del consumo se realiza en media tensión.
- Los diferentes componentes de la instalación se diseñan de manera que el mantenimiento de estos sea sencillo, por lo que los accesos son fáciles para la reparación, limpieza y sustitución por parte del personal especialista.
- El CGBT se ubica en el sótano del edificio y recibe su acometida desde el centro de transformación.
- Los cuadros generales y secundarios se ubican en zonas no accesibles al público general y son inspeccionables por el personal autorizado.
- Se conectan a la red de tierra todas las masas metálicas existentes en la instalación, incluyendo las masas de aparatos sanitarios metálicos, a fin de evitar daños accidentales a las personas y a los equipos de alta tecnología conectados en la instalación.
- Al ser un local de pública concurrencia, cumple con las prescripciones citadas en la ITC-BT-28 en materia de seguridad y emergencia.
- La empresa fabricante asegura selectividad o filiación para las protecciones que se utilicen en la instalación, de manera que se impida la actuación de interruptores erróneos, abriéndose primero la protección justo aguas arriba del posible fallo.

1.11 Definición del problema

Las instalaciones eléctricas han de adaptarse a las condiciones constructivas impuestas por el edificio además de suministrar energía eléctrica de la manera más segura y eficiente posible a todo el recinto. Analizando muchos de los elementos relativos a la instalación nos encontramos con una gran casuística en cuanto a variedad de catálogo o de diferentes soluciones para satisfacer una determinada necesidad. Resulta complicado encontrar una sola propuesta válida que cumpla con los requisitos exigidos por el reglamento por lo que se pueden emplear muchos criterios para seleccionar una opción u otra, cumpliendo siempre con las normas del REBT.

El problema principal que atañe a este estudio consiste en el sistema de distribución de energía eléctrica por algunos tramos de la instalación. Algunas de las diversas líneas que parten del CGBT llegan a los cuadros generales situados en el sótano 1, abreviado como "CGS1Bx" siendo x de 1 a 4. Estos cuadros, los cuales tienen suministro de red, grupo y SAI alimentan a su vez a una serie de cuadros secundarios ubicados en diferentes plantas del edificio. Es ahí donde cabrá la posibilidad de optar por alguna de las dos alternativas a continuación expuestas. En este caso se valorará la instalación de blindobarras en los embarrados de red y grupo.

Además, se valorará la inclusión de blindobarras, sustituyendo a líneas independientes, en los cuadros secundarios de alumbrado y fuerza de planta, que a su vez alimentan a una serie de cuadros específicos de laboratorio en esa misma planta. Este segundo caso contemplará la instalación de canalizaciones prefabricadas en los tres embarrados (red, grupo y SAI) y se calculará dicho sistema de distribución para un cuadro ejemplo, que en este caso será el de alumbrado y fuerza del bloque 2, planta 3 (CP3B2AFPL).

1.11.1 Alimentación mediante blindobarras

Las blindobarras o canalizaciones eléctricas prefabricadas constituyen un sistema alternativo a la distribución de energía eléctrica convencional mediante cables. La principal ventaja de este tipo de canalizaciones, además de otras muchas que se tratarán en apartados posteriores, radica en el uso de una sola barra con intensidad nominal constante capaz de alimentar a diferentes elementos a través de cajas de derivación.

Por lo tanto esta alternativa consiste en el diseño, dimensionado e instalación de las blindobarras oportunas que satisfagan los requerimientos de potencia de los diferentes cuadros (de C_1 a C_n) a los que alimentará desde los cuadros generales del sótano. A priori, la utilización de este tipo de canalización implicará un coste adicional, ya que permite una circulación de corriente muy segura y estable.

Para considerar todos los posibles elementos que forman parte de la instalación de las blindobarras, suponemos una sola blindobarra alimentando n cuadros secundarios. Dichos elementos son, a carácter general:

- La propia blindobarra: Se trata del canal formado por láminas metálicas que contiene aluminio o cobre en su interior. Este conductor de electricidad está aislado del exterior gracias a una envolvente metálica.
- El interruptor: Dado que la corriente que transportará la blindobarra será de un valor elevado (alimentará varios cuadros), cabe suponer que el interruptor que protegerá la canalización prefabricada será grande, ya que necesitará un gran poder de corte y un gran calibre. Sin embargo, se instalará un solo interruptor para el caso supuesto.
- Cajas de derivación: Con objeto de alimentar los cuadros a través de la blindobarra, éstas cuentan con cajas de derivación que se instalan en la ubicación que se crea más adecuada y permiten que la

corriente de la blindobarra circule hacia los cuadros. A priori, se utilizarán tantas cajas como cuadros estemos alimentando, por lo tanto, contaremos con n cajas de derivación. Este coste irá incluido en la propia blindobarra, ya que los catálogos ofrecen las blindobarras con derivaciones incluidas.

- Cable a cuadro: Desde la caja de derivación de la blindobarra partirá una línea de pequeña longitud formado por un cable convencional que llegará hasta el cuadro correspondiente alimentado por la blindobarra. Dicho cable se tendrá en cuenta en la instalación del sistema, ya que el cuadro no puede alimentarse directamente desde la barra.

En la figura 1.1 se muestra un esquema introductorio para visualizar esta alternativa, con el interruptor IB que protege la blindobarra al comienzo. Se puede observar que, para este caso, una sola canalización prefabricada que alimenta n cuadros.

1.11.2 Alimentación mediante líneas independientes

Esta alternativa constituye la opción más utilizada en las instalaciones eléctricas, ya que se trata de cables convencionales que alimentan directamente a un punto de consumo. Esta forma de distribución de energía eléctrica implica la utilización de una canalización (en este caso bandeja) la cual albergará a los cables que transportan la corriente eléctrica. Se trata del sistema de distribución que está implantado en la instalación eléctrica estudiada.

Con la utilización de líneas independientes se alimentan los cuadros de manera individual, es decir, cada línea está diseñada para abastecer a un cuadro concreto, no como en el caso de las blindobarras, en el que una canalización alimentaba un conjunto de cuadros.

Para la consideración de todos los elementos que se necesitan para el montaje de dichas líneas independientes, supondremos que se van a alimentar el mismo número de cuadros que en el caso anterior 1.11.1 de C_1 a C_n desde el mismo un cuadro general cualquiera del sótano. Por tanto, los elementos a tener en cuenta son:

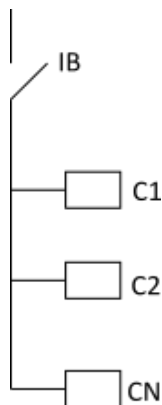


Figura 1.1 Esquema simple de la solución empleando blindobarras.

- Cables: Se utilizarán tantos cables como líneas tengamos, en este caso, al considerar que hay una línea por cada alimentación de cuadro, usaremos n cables, de sección y características variables dependiendo de las necesidades de los distintos cuadros a abastecer.
- Canalizaciones: Cada cable estará alojado y protegido por una canalización. En este caso, para satisfacer esta situación utilizaremos bandejas, ya que recorreremos varias plantas del edificio. Cabe señalar que una misma bandeja puede alojar varios conductores, ahorrando así gastos en canalizaciones. Por tanto, se tendrán en cuenta un número x de bandejas tal que $x \leq n$. En apartados posteriores se analizará detalladamente el caso y se obtendrá el número exacto de canalizaciones que se instalarán para el caso definido.
- Interruptores: En nuestra instalación, cada línea irá protegida frente a cortocircuito y sobrecarga con un interruptor. Por tanto, se tendrán que instalar tantos interruptores como líneas utilizadas para alimentar los n cuadros. Estos interruptores cortarán corrientes de menor valor que en el caso de las blindobarras, ya que las líneas, al alimentar un solo cuadro, no transportarán tanta energía eléctrica. Dicho esto, cabe suponer que el gasto en cada interruptor será menor, pero, sin embargo, esta alternativa es cuantitativamente peor que la anterior en cuanto al gran número de interruptores utilizados.
- Envolvente: Se tomará en cuenta la posibilidad de crear una envolvente o armario para albergar a los interruptores anteriormente definidos. Este elemento no tiene por qué ser obligatorio, pero se valorará la opción de incluirlo ya que en las instalaciones, para una serie de elementos de protección, se suelen utilizar envolventes con función aislante. Además ayudan a la organización y homogeneidad de la instalación.

Al igual que en el apartado 1.11.1 se muestra en la figura 1.2 las diferentes líneas alimentando cada una a un cuadro diferente. Al principio de cada una de las líneas, se aprecia un interruptor que la protege. Además, se puede observar que a cada cuadro se le asigna una única línea.

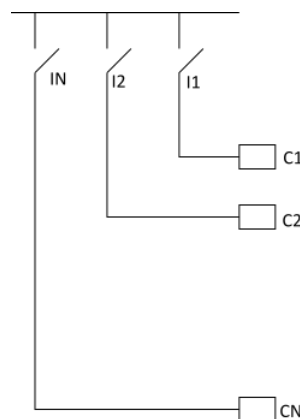


Figura 1.2 Esquema simplificado para la solución de líneas independientes.

1.11.3 Criterio de elección

Introducidas las dos propuestas posibles para solucionar el problema expuesto, hemos de definir un criterio de elección de manera que, tras valorar ambas alternativas, optemos por una u otra basándonos en dicho criterio.

Se pueden hacer varias valoraciones de muy diversa índole para tener en cuenta cada detalle acerca de una u otra alternativa. Una de las más importantes es la valoración técnica, referida a la adecuación de la solución al problema, es decir, la calidad y garantía que ha de tener el suministro eléctrico que alimentará los diferentes cuadros.

En cuanto a esta valoración técnica, las líneas independientes formadas por cables convencionales constituyen la forma de distribución de energía más común. Esto es ocasionado por la gran variedad de cables y canalizaciones que se comercializan, pudiendo elegir con bastante precisión aquella solución que resulte más conveniente al problema. Esto, junto con las protecciones que se colocarán, garantiza una distribución de energía eléctrica segura y fiable.

Por otro lado, la blindobarra es una alternativa menos utilizada en las instalaciones eléctricas, posiblemente a causa del coste adicional que supone. Sin embargo, engloba tanto conductor como canalización en un mismo elemento. Como se matiza en el anexo E, técnicamente constituye una solución muy segura, sobre todo en tramos donde la corriente transportada es elevada. La blindobarra asegura un suministro eléctrico continuo, seguro y estable dado que la envolvente metálica en la que se sitúa el conductor lo protege de los agentes externos. Además, en la actualidad se comercializan una gran variedad de blindobarras que cumplen los requisitos exigidos, especialmente para el transporte de energía eléctrica en diferentes plantas.

En consecuencia, no habrá problemas técnicos referidos a la calidad o seguridad del suministro para ninguna de las dos alternativas planteadas. Esto hace, pues, que la elección de la solución se tome en base a un criterio económico, ya que, como todos conocemos, es una de las cuestiones más importantes a tratar a la hora de implantar cualquier obra de ingeniería.

El criterio propuesto valorará los costes de cada uno de los elementos implicados en las dos alternativas de manera que, siendo c_1 el coste de la instalación de blindobarras, y c_2 el correspondiente a las líneas independientes:

- Si $c_1 \gg c_2$ tomaremos como solución la instalación de líneas independientes para cada cuadro, ya que económicamente no será viable la implantación de blindobarras.
- Si $c_1 > c_2$ ó $c_1 < c_2$ se elegirá como solución la instalación de blindobarras, debido a la poca diferencia económicamente que existirá entre las dos alternativas.

Como se puede comprobar, este criterio premia la instalación de blindobarras y los elementos que la complementan. Esto se debe a que este método para distribuir la energía eléctrica supone un suministro de más calidad y seguridad que el anterior. Estas ventajas son expuestas en el anexo E.

1.12 Generalidades y descripción de los elementos de la instalación

Antes de enfocar nuestro problema en la parte de la instalación ya descrita, resulta conveniente realizar una breve descripción de los elementos que se utilizan en nuestra instalación y que hacen que el suministro de energía eléctrica sea el adecuado. Se establecerán además unas prescripciones generales que han de cumplir dichos elementos de manera que se garantice su correcto funcionamiento y su adecuación al REBT.

Se procederá a la descripción de los elementos así como a los requisitos principales que estos tendrán que cumplir en la instalación estudiada, desde el inicio de ésta hasta los diferentes puntos de consumo finales.

1.12.1 Instalación eléctrica de media tensión

La red de alimentación al CT, gestionada por la compañía eléctrica distribuidora, es una red de media tensión de tipo subterráneo. La potencia máxima de cortocircuito de la red, dato imprescindible para todas las intensidades de cortocircuito de la instalación, es aportada por la compañía. El suministro de energía se efectúa a 50 Hz y 20 kV de tensión de servicio. La instalación de MT finaliza en el centro de transformación, en el cual, a través de transformadores, se adapta la energía eléctrica a las condiciones necesarias para alimentar en BT a la instalación.

Acometida

La acometida en MT es responsabilidad de la compañía eléctrica. Del apoyo de la línea eléctrica de la compañía sale una línea subterránea hasta el Centro de Transformación, cuya conexión e instalación se realiza por el servicio técnico de la compañía distribuidora. Los conductores van alojados en las correspondientes canalizaciones, bajo tubo ya que la acometida es subterránea. Para facilitar el tendido de los cables y las tareas de mantenimiento de los conductores, se colocan arquetas de registro, provistas de marcos y tapas de hierro fundido.

La ITC-BT-15 del REBT es la encargada de establecer las condiciones que debe cumplir la acometida. Tal y como se define en esta instrucción, para la elección de cables se tiene en cuenta que los cables son no propagadores de incendio y con emisiones de humo y opacidad reducidas, cumpliendo en todo momento los criterios ya establecidos en el Anexo de cálculo para su dimensionamiento.

Centro de Transformación

El CT constituye el elemento inicial de la instalación. Se trata de un local que alberga, en este caso, 3 transformadores y que se encarga de suministrar energía eléctrica en baja tensión al edificio en estudio, a

través del Cuadro General de Distribución. El CT es propiedad del edificio y no de la compañía, por eso es de tipo abonado.

El CT está dividido en celdas prefabricadas bajo envolvente metálica, que se instalan para albergar la aparataje de maniobra y protección necesaria según norma UNE-20.099. Está ubicado en una caseta independiente para ese único propósito. El local que lo alberga es de construcción prefabricada de hormigón, formado esencialmente por base, paredes, suelos, techos, puertas y persianas. Tiene las dimensiones necesarias para alojar las celdas correspondientes y transformadores de potencia, respetándose en todo caso las distancias mínimas entre los elementos que se detallan en el vigente reglamento de alta tensión. El local se divide en dos zonas:

- Zona de compañía: Para las celdas de entrada y salida y de seccionamiento (si la hubiera). El acceso queda restringido al personal técnico de la compañía distribuidora.
- Zona de abonado: Resto de celdas del CT. Solo puede acceder a este recinto el personal de la compañía y el de mantenimiento especialmente autorizado.

El CT en su conjunto se compone de las celdas prefabricadas, el transformador y las instalaciones secundarias, teniendo en cuenta además la puesta a tierra de los correspondientes elementos.

Las celdas prefabricadas tienen las siguientes características generales:

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases: A frecuencia industrial (50 Hz), durante 1 min: 50 kV ef. A impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 630 A.
- Intensidad asignada en interrupción automática: 400 A.
- Intensidad nominal admisible de corta duración durante un segundo: 16 kA ef.
- Valor de cresta de intensidad nominal admisible: 2.5 veces la de corta duración.
- Las celdas empleadas son celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.
- La celda de protección general va equipada con un interruptor de potencia con captadores de intensidad y relés indirectos, que protege ante sobreintensidad de fase o defecto homopolar.
- La celda de protección del transformador está compuesta por un interruptor de potencia, de relación de transformación adecuada a la intensidad nominal del transformador. La protección de sobreintensidad del neutro se realiza a través de un transformador de intensidad, cuyo relé da la información al panel de aislamiento.

- El grado de protección de la envolvente es IP307 según UNE 20324-94.
- La puesta a tierra de las celdas se realiza mediante un conductor a lo largo de las celdas, según UNE 20.099. Está dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración asignada.
- El embarrado está dimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que puede provocar un cortocircuito.
- El sistema de celdas está compuesto por una celda de línea (celda entrada-salida), una de protección general y una celda de medida.

Para el caso del transformador, se eligen 3 transformadores en paralelo de potencia 800 kVA, suficientes para alimentar toda la instalación. Los transformadores tienen las siguientes características:

- Se trata de una máquina trifásica reductora de tensión, con tensión de entrada de 16/20 kV y salida en vacío de 420 V entre fases.
- Es un transformador seco, con neutro accesible en BT y refrigeración natural (ONAN), encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco, clase F). Bobinados de AT también encapsulados (ignífugos y autoextingibles). Arrollamientos de AT realizados con bobinado continuo de gradiente lineal sin entre capas.
- Protección de termistores está gestionada por el panel de control y por el Sistema de Control Distribuido.
- Tiene 3 escalones de alarma: los dos primeros sirven para la puesta en marcha de ventilación forzada y el tercero, para el disparo del interruptor de protección de MT.
- Su tensión de cortocircuito es del 6 %.

El CT además goza de varias instalaciones secundarias, entre las cuales se encuentran:

- Alumbrado: Dos puntos de luz mínimo, para comprobación y maniobra dentro del local (150 lux).
- Protección contra incendios: Extintor de eficacia equivalente 89 B.
- Batería condensadores: Para compensar el factor de potencia debido a la reactiva consumida por el transformador. Conectados en el secundario.
- Ventilación: Se realiza de modo natural mediante rejillas de entrada y salida del aire, contruidos de modo que impidan el paso de cualquier animal, agua de lluvia o contactos accidentales con partes en tensión. Además el CT está dotado de extractores adecuados para posibilitar una renovación forzada

Por último, la puesta a tierra de los elementos del CT resulta imprescindible para garantizar el comportamiento seguro de este importante elemento de la instalación. Se tienen las siguientes puestas a tierra:

- Tierra de protección: Se conectan los elementos metálicos del CT que no estén en tensión normalmente pero a causa de averías puedan estarlo. Las celdas disponen de pletina de tierras que permitirán interconectarlas, formando así un colector de tierras de protección.
- Tierra de servicio: El neutro del transformador y los circuitos de BT de los transformadores de medidas van conectados a la tierra de servicio. Este conexionado resulta fundamental para cerrar el bucle de defecto.
- Tierras interiores: La de protección se realiza a través de cable de 50 mm^2 de cobre desnudo formando un anillo, sujeto a las paredes mediante bridas. La de servicio se hace mediante cable de cobre aislado de 50 mm^2 formando un anillo.

1.12.2 Grupo electrógeno y Sistemas de Alimentación Ininterrumpida

El grupo electrógeno y los correspondientes SAI constituyen el suministro alternativo del edificio, que es abastecido principalmente por la red. El objetivo de instalar estos dispositivos radica en cubrir posibles fallos en el suministro de la red de la compañía distribuidora para así conseguir una distribución segura de energía eléctrica, dando énfasis a algunas cargas de alumbrado y fuerza especiales.

Por una parte, el grupo electrógeno se trata de una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Este grupo va conectado al CGBT por un embarrado diferente al de red. Está provisto de protección y acoplamiento en paralelo no simultáneo, incorporando equipo automático de conexión para que el grupo entre en funcionamiento al fallar el servicio de red, así como para desconectarlo tan pronto como este se reanude.

En cuanto a sus características técnicas, es un motor Diesel de 4 tiempos, con 4 temporizaciones ajustables para actuar en diferentes casos (microcortes, estabilización de tensión y frecuencia, retorno de red y parada diferida del motor). Está insonorizado mediante silenciadores en escape, admisión de aire y salida de aire caliente.

La conducción de escape de gases es de doble pared, con aislamiento ajustado al recorrido y la temperatura. La pared exterior es de acero inoxidable. Por último, el grupo electrógeno da suministro a prácticamente todas las dependencias del edificio, ya que tiene que garantizar la seguridad de los servicios prioritarios. En la figura 1.3 se observa un grupo electrógeno fijo, que está diseñado para dar unos 800 kVA de potencia aparente total.

Por otro lado nos encontramos con los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI). Este suministro, a diferencia del grupo electrógeno no abastece a la mayoría de las cargas de la instalación, sino que se puede colocar en diferentes cuadros de importancia. El SAI es un dispositivo que, mediante baterías y otros elementos que almacenan energía, puede dar suministro eléctrico durante un tiempo limitado a los aparatos conectados a este, en caso de fallo de suministro de red.

Tiene filtro para armónicos y está alimentado desde el embarrado de grupo correspondiente. Los servicios prioritarios a los que alimenta el SAI son:

- Control de los variadores de velocidad.
- Sistema de voz y datos.
- Sistema de gestión de telefonía.
- Centros de Procesos de Datos y sus servidores.
- Sistema de Gestión Distribuida de Instalaciones.

La figura 1.4 muestra un dispositivo SAI.

1.12.3 Cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos son fundamentales y constituyen una de las unidades más importantes de la instalación eléctrica, ya que permiten la subdivisión de la red interior en diferentes circuitos, de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ella afecten solamente a ciertas partes. Su objetivo principal es satisfacer la demanda eléctrica de las cargas, así como proteger y controlar el suministro.

Este apartado comprende los cuadros y paneles de protección, mando y distribución para una tensión de servicio de 400 V y 50 Hz, tensión nominal mínima de aislamiento de 1000 V y tensión de prueba 1 min, 50 Hz de 2500V. Dichos cuadros albergan en su interior a los siguientes elementos:

- Barrajes y regletas de conexión.
- Aparata de protección, mando y maniobra.
- Instrumentos de medida.
- Cableado interior.
- Pilotos de señalización.



Figura 1.3 Grupo electrógeno fijo.



Figura 1.4 Sistema de Alimentación Ininterrumpida.

- Elementos de identificación.

Los cuadros están instalados en lugares secos y no se exponen a daños mecánicos. Si el cuadro está ubicado en un lugar húmedo será de tipo estanco y se montará siempre de superficie. Los cuadros no están instalados en zonas accesibles al público. Entre la parte superior de cualquier cuadro y el techo, siempre y cuando este no sea resistente al fuego, se deja una distancia mínima de 75 cm, a no ser que se disponga de un panel cortafuegos entre ambos elementos. Los bastidores y las placas conectoras metálicas van siempre conectadas a tierra.

Se instalan de manera obligatoria un CGBT por edificio, un cuadro secundario por planta y cuadros independientes para locales técnicos, ascensores, salas de instalación, talleres, etc. Pueden ser suministrados por los tres tipos de alimentación, siempre y cuando los embarrados sean independientes.

Estos cuadros han de cumplir una serie de prescripciones que a continuación se exponen:

- Han de soportar de forma continuada el paso de la intensidad nominal sin calentamientos, sobre una temperatura ambiente de 40 °C.
- Para todos los cuadros con $P \geq 20kW$, se instala un analizador de red con análisis permanente de Tasa de Distorsión Armónica (THD).
- Bornas de conexión de cables de fuerza y control se encuentran separadas.
- El personal competente podrá ejercer labores de inspección de los elementos estando el cuadro en tensión, por lo que los equipos del cuadro son accesibles para su verificación, desmontaje, montaje y mantenimiento desde la parte frontal, sin interferir con otros equipos.
- Han de estar protegidos contra oxidación, para ello empleamos acero cadmiado o cincado. Se le da un tratamiento anticorrosivo a las partes no pintadas, salvo elementos móviles, que están engrasados.
- Cada panel dispone de una resistencia anticondensación de tipo blindada y aleteada. Los sistemas de protección están regulados individualmente por termostatos.
- Los cuadros deben estar dotados de iluminación interna. Todos los compartimentos que requieran efectuar operaciones de control y mantenimiento (relés, fusibles, bornas, etc) están convenientemente iluminados. La reposición de la lámpara no interfiere otros circuitos.
- Las bornas de señales de estado y control deben estar debidamente cableadas hasta el regletero de control para elementos de protección y maniobra, identificándose convenientemente para el posterior cableado hasta el controlador

Los materiales por los que están compuestos los diferentes cuadros son:

- Armario: Los cuadros están diseñados para servicio interior, sistemas modulares ensamblados y cableados en fábrica. Son completamente estancos al polvo y la humedad, con un grado de protección

mínimo de IP437. Los bastidores y marcos empleados son metálicos, de chapa de acero laminado y están protegidos contra la corrosión. También pueden estar formados por una base de perfiles y chapa metálicos. En cualquier caso deben ser ampliables por ambos lados. Las barras son pletinas de cobre electrolítico de alta conductividad, dimensionadas según intensidad nominal asignada y envueltas en aislante de PVC, según UNE 21.086. Las puertas están dotadas de bisagras extrafuertes, realizándose su unión mediante la pestaña del marco. Dichas puertas están restringidas mediante cerradura de llave, para garantizar su acceso solo al personal competente. Todos los aparatos se fijan al bastidor o carril de forma segura, debidamente espaciados. Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc.), dispositivos de mando (interruptores, pulsadores, conmutadores, etc.) y sinópticos se montan sobre la parte frontal de los cuadros. Toda la aparamenta está convenientemente rotulada, de manera que sea fácil identificar cada circuito.

- **Aparamenta:** Todos los cuadros cuentan con un interruptor general omnipolar, con capacidad para dejar sin tensión al mismo. Este interruptor puede ser manual o automático. Todos los interruptores que protejan salidas deben ser automáticos, de corte omnipolar. Se utilizan interruptores magnetotérmicos en las tres fases, con mecanismos de conexión y desconexión brusca. Para casos de alta potencia de corte, se puede utilizar un fusible de acompañamiento. Los interruptores automáticos disparan con libertad, sin ningún impedimento mecánico y disponen de accionamiento manual. Los interruptores diferenciales son de tipo directo para corrientes menores de 63 A y de accionamiento a través de núcleos toroidales y relés para intensidades superiores a la indicada anteriormente. Se utilizan contactores para arranque de servicio de motores y conexión de cargas. Disponen de al menos cuatro contactos auxiliares para enclavamiento y señalización (dos NA y dos NC). Por último, los relés térmicos van montados sobre las tres fases y serán regulables. Van incorporados con un rearme manual accionable desde el interior del cuadro.
- **Embarrado:** El embarrado principal dispone de tres barras para las fases y una para el neutro, con sección la mitad que la de las fases. Las barras son de cobre electrolítico de alta conductividad, con envolvente aislante de PVC. Soportan la intensidad nominal a plena carga y los esfuerzos dinámicos procedentes de la corriente máxima de cortocircuito. Se dispone también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras del cuadro.
- **Instrumentos de medida:** Los voltímetros son de tipo electromagnético con indicación analógica, o digitales de tipo electrónico. Los amperímetros van siempre en múltiplos de tres, uno por fase y se conectan mediante transformadores de intensidad. Pueden ser del mismo tipo que los voltímetros. En caso de utilizar fasímetros, estos serán de tipo lengüeta.

- **Cableado:** La conexión entre barras e interruptores se realiza mediante pletinas de cobre y conductores de cobre, ambos aislados, con la sección adecuada para la intensidad de circulación. Para conectar los distintos aparatos del cuadro se utilizan cables flexibles en caso del circuito de maniobra y rígidos para el circuito de potencia. Todos los cables se instalan en canaletas de material plástico provisto de tapa desmontable.
- **Pulsadores y pilotos:** En las puertas del cuadro se instalan pulsadores de mando y pilotos señalizadores de existencia de tensión o indicación de marcha o parada de motores.
- **Elementos de identificación:** Todo el cableado del cuadro y las bornas y regletas quedan identificadas mediante etiquetas, que son inalterables e inamovibles. Se dota al cuadro de un esquema sinóptico en material plástico y adherido a la chapa. Exteriormente, los cuadros están dotados de placas de identificación sobre todos los pilotos de señalización, pulsadores e interruptores.

A continuación se definirán los requisitos que cumple tanto el CGBT como los diferentes cuadros secundarios.

Cuadro General de Baja Tensión

El CGBT está dividido en barras generales de distribución (horizontales), barras verticales de derivación, entrada, remonte y conexiones de cables y modulación para instalación de elementos de corte y apartamiento. Su instalación se realiza preferentemente en planta baja, pese a ello en la instalación estudiada se encuentra en el sótano. Al CGBT va conectado el grupo electrógeno, para distribuir el suministro de dicho punto hacia el resto de cuadros de la instalación.

Dispone de un 30 % de espacio de reserva para ampliación. En este caso, al haber transformadores en paralelo, se instalan interruptores de acople entre ellos. Además el CGBT goza de alumbrado especial y elementos de extinción de incendios.

En lo que se refiere a la acometida principal del cuadro general, es mediante cable, con zona de acceso y espacio para efectuar la conexión de los cables. Está dotada de un dispositivo descargador de sobretensiones. La entrada al CGBT se realiza a través de paneles laterales o por la parte inferior (altura no inferior a 300 mm del suelo). En la figura 1.5 se muestra un ejemplo de CGBT.

Cuadros secundarios

Por su parte en los cuadros secundarios se prevé un espacio para la instalación de todos los equipos de protección, control, señalización y mando asociados a cada elemento de corte principal. Al igual que el CGBT, se deja prevista una reserva de espacio de al menos el 30 % para futuras ampliaciones.

Los cuadros secundarios están compuestos por un interruptor magnetotérmico automático para protección y maniobra general, interruptores automáticos diferenciales para protección contra contactos indirectos e

interruptores automáticos magnetotérmicos en cada una de las salidas para proteger frente a sobrecargas y cortocircuito, en circuitos de alumbrado, fuerza y climatización. Los embarrados están claramente separados.

En caso de que se alimenten servicios diferentes desde un mismo cuadro, este dispondrá de juegos de barras para cada uno de ellos, con reserva para ampliaciones.

En lo que a las acometidas de los cuadros se refiere, estas son trifásicas con neutro a 400/230 V, conductores unipolares de cobre aislado 0.6/1 kV, canalizados en bandejas. La sección del neutro es como mínimo igual a la de fase (también aplicable a la acometida del CGBT). Estas secciones son calculadas mediante los criterios correspondientes definidos en el Anexo de Cálculo, con una reserva de capacidad. El conductor tiene aislamiento tipo cero halógeno XLPE, de cobre electrolítico clase V, tensión nominal 0.6/1 kV.

1.12.4 Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas están destinadas a alojar y proteger a los conductores eléctricos de las acciones de agentes externos, como son los daños mecánicos, químicos, altas temperatura o humedad. También ayudan a la distribución más uniforme de la energía, acomodando el cableado eléctrico en la instalación.

Estas pueden ser de varios tipos: de sección circular (tubos), o rectangular (bandejas), metálicas o de material termoplástico, cerradas o ventiladas (bandejas), rígidas o flexibles (tubos) o prefabricadas (blindobarras). Se incluyen en este bloque las cajas de paso o derivación, metálicas o de material termoplástico, empotrables o de superficie, para tensiones inferiores a 750 V, así como los complementos que ayudan a su montaje como curvas, empalmes, soportes, etc. Los conductores posados sobre bandeja en exteriores llevan tapa, al igual que los que discurren sobre falso techo.

En la instalación estudiada se emplean 6 tipos de instalación diferentes, en canalizaciones en bandeja o tubo. Las canalizaciones metálicas deben estar convenientemente protegidas contra la corrosión, mediante galvanizado o pintura, y conectadas a tierra, sin entrar en contacto con materiales metálicos de naturaleza



Figura 1.5 Ejemplo de Cuadro General de Baja Tensión.

diferente. Cada tramo de canalización lleva el sello del fabricante. Las bandejas utilizadas no presentan bordes cortantes para evitar el daño de la envolvente de los cables.

Por su parte, los tubos metálicos están fabricados partiendo de fleje de acero laminado en frío, con galvanizado electrolítico exterior y pintura anticorrosiva. El acoplamiento se hace mediante rosca o manguitos de presión para tubos sin roscar. Los materiales termoplásticos que se utilizan en las canalizaciones son resistentes a los impactos y a las altas temperaturas y no son propagadores de llama.

Las cajas de paso y derivación son de plástico, metálicas o de metal plastificado, con formas circulares o rectangulares. Tienen una profundidad mínima de 30 mm y una chapa de espesor mínimo de 2.5 mm con tratamiento anticorrosión. Los tubos pasan por todos sus lados gracias a los taladros o huellas de ruptura que tienen las cajas.

Las diferentes canalizaciones utilizadas en la instalación cumplen las siguientes condiciones:

- El número máximo de conductores que aloja una canalización se determinará siguiendo al REBT. Sin embargo, nunca supera un 40 % de la sección total de la misma.
- Los conductores que suministren sistemas de fuerza y alumbrado pueden alojarse en una misma canalización. Sin embargo han de ir en canalizaciones separadas tanto sistemas de muy baja tensión (señales, comunicaciones, radio y televisión) como circuitos de alumbrado de emergencia y señalización.
- En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se disponen de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de, por lo menos, 3 cm.
- Las canalizaciones se disponen de manera que en todo momento resulte sencillo el reemplazamiento de los conductores deteriorados, detectando la avería.
- El trazado de las canalizaciones se hace preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales.
- Para zonas expuestas a daño mecánico, se utilizan canalizaciones de acero.

Por último, en cuanto a la canalización a utilizar para los diferentes escenarios, nos encontramos con las siguientes pautas:

- Los conductores eléctricos de líneas de alimentación a cuadros se posan principalmente sobre bandeja o canal, que cuando transcurra por exteriores o vistas lleva tapa.
- Las derivaciones a puntos de consumo se realizan bajo tubo de PVC rígido, a no ser que discurran en falso techo, en los que se utilizan tubos de PVC corrugado reforzado.
- Las canalizaciones que discurran por suelo van bajo tubo de PVC rígido, enterrados bajo el pavimento y con un arquetas situadas en espacios reservados y que permitan el registro de dichas canalizaciones.

- Las canalizaciones que discurran por falso suelo van en bandeja con tapa.

Las figuras 1.6 y 1.7 muestran las dos canalizaciones más utilizadas en la instalación eléctrica.

1.12.5 Cables eléctricos

Los cables o conductores eléctricos son los encargados de transportar la energía eléctrica por toda la instalación, para tensiones nominales inferiores a los 1000 V. Suponen uno de los elementos más importantes de esta. Los conductores están contruidos de cobre o aluminio, con doble envolvente aislante de goma, PVC, polietileno, goma butílica o etileno-propileno.

Los cables eléctricos se componen de:

- Conductor: Elemento que conduce la corriente eléctrica y puede ser de varios materiales metálicos, pudiendo tener uno o varios hilos.
- Aislamiento: Envuelve al conductor, evitando la circulación de energía eléctrica fuera de él. El aislamiento puede ser termoplástico (PVC) o termoestable (XLPE o EPR).
- Capa de relleno: Material aislante que envuelve a los conductores para mantener la sección circular del mismo.
- Cubierta: Fabricado por materiales que protegen mecánicamente al cable. Tiene como función proteger el aislamiento de los conductores de la acción de agentes externos como la temperatura, la lluvia, el sol, etc.

Como se comenta en el Anexo de Cálculo, los conductores de la instalación en estudio serán unipolares y su sección se determina principalmente en base a los criterios de intensidad máxima admisible y caída de tensión permitida entre el origen de la instalación y los puntos de utilización, siguiendo en todo momento el REBT.

Se utilizan en la mayoría de tramos 5 conductores, 3 para fase, uno para neutro y otro para protección. Es por ello que resulta imprescindible la diferenciación de estos elementos, especialmente en lo que respecta

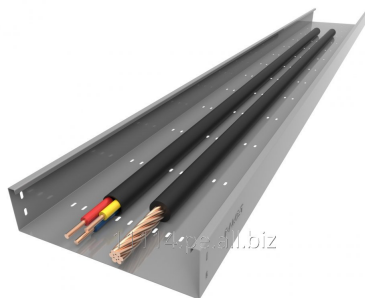


Figura 1.6 Bandeja perforada para alojamiento de cables eléctricos.

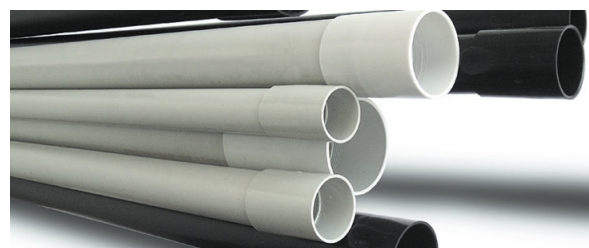


Figura 1.7 Tubo PVC rígido.

al de neutro y al de protección. Esta diferenciación se realiza por los colores que presenten sus respectivos aislamientos. Cuando existe conductor neutro en la instalación, se identifica este por el color azul claro. En el caso del de protección, tiene un doble color amarillo y verde. Finalmente, los conductores de fase están identificados por colores marrón y negro, y en caso de ser necesario, el color gris.

Para identificar correctamente el cable que se está utilizando, los conductores llevan impresa en la cubierta envolvente la denominación comercial del fabricante y el tipo de cable. La nomenclatura de los cables está normalizada por la UNE 21123, siguiendo la siguiente denominación para cables 0.6/1 kV:

- Primera letra: Designación del tipo de aislamiento. Se utiliza R o X en caso de polietileno reticulado (XLPE), D para elastómero de etileno-propileno (EPR), V para policloruro de vinilo (PVC) o S para compuesto termoestable de silicona libre de halógenos.
- Segunda letra: Designación de pantalla o revestimiento interior. Normalmente se empleará Z1 para el caso de pantalla de poliolefina termoplástica libre de halógenos.
- Tercera letra: Designación del conductor. Si se emplea -K indica que este es flexible, de clase 5 para instalaciones fijas. Las letras AL marcan que el conductor utilizado es aluminio. Si no se utiliza ninguna letra en este apartado, nos referimos a conductores de cobre rígidos.

En cuanto a su instalación, las líneas interiores del edificio están llevadas a cabo por conductores aislados unipolares. Estos discurren siempre a través de una canalización. En estas líneas, con el fin de equilibrar los efectos inductivos, se agrupan los conductores de fases distintas, evitando el agrupamiento de conductores de una misma fase. Si se conectan en paralelo dos conductores, los materiales del alma y envolvente son iguales, teniendo ambos la misma longitud y misma sección.

En la instalación eléctrica en estudio se utilizan dos tipos de cables:

- RZ1-K(AS): Cable de tensión nominal 0.6/1 kV, de cobre electrolítico recocido, flexible y de aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). Este aislamiento se utiliza debido a su rigidez mecánica y su poco peso. Es un cable de fácil pelado y alta flexibilidad, especialmente adecuado para instalaciones interiores en locales de pública concurrencia, como el que estamos estudiando, con buenas propiedades para combatir el fuego. Se aplica tanto a líneas de alimentación como a líneas de derivación a puntos de consumo. En la figura 1.8 se observa un cable de este tipo.
- SZ1-K(AS+): Cable de tensión nominal 0.6/1 kV. Compuesto por cobre electrolítico recocido, flexible y con aislamiento de mezcla especial termoestable, cero halógenos, formada por silicona hasta los 25 mm^2 y por cinta vidrio-mica + XLPE a partir de 35 mm^2 . Está diseñado para seguir prestando servicio en condiciones extremas durante incendio, adecuado por tanto para circuitos de servicios de seguridad de alumbrado y fuerza.

1.12.6 Protecciones

Estos elementos son imprescindibles en cualquier instalación eléctrica para mantener la seguridad de todos los aparatos conectados a la red en caso de condiciones anormales (sobrecarga o cortocircuito). Se deben diferenciar dos protecciones posibles:

- Protección de la instalación: Contra sobreintensidades y sobretensiones.
- Protección de las personas: Contra contactos directos e indirectos.

Protección de la instalación

Todos los circuitos de la instalación están protegidos contra los efectos de las sobreintensidades que se puedan presentar, garantizando la desconexión del circuito implicado en un tiempo conveniente, de manera que no haya daños permanentes en ninguno de sus elementos.

Con sobreintensidades nos referimos a sobrecargas, cortocircuitos o descargas eléctricas atmosféricas. Se utilizan protecciones especializadas con cada tipo de sobreintensidad. Todos los conductores que forman parte del circuito están protegidos frente a estos defectos, excepto el de protección.

Los dispositivos de protección se colocan en el origen de dichos circuitos, así como en puntos en los que la intensidad admisible disminuya por cambios de sección, instalación o tipo de conductor utilizado.

Las sobrecargas permanentes pueden provocar aumentos de temperatura que a la larga desemboquen en averías de receptores o elementos de la línea o incluso incendio. Las protecciones garantizan el despeje de la falta de manera que no se supere la intensidad admisible. Se utilizan interruptores automáticos magnetotérmicos para actuar contra este tipo de sobreintensidad, por su buena precisión y su duración.

Los cortocircuitos constituyen el tipo de defecto más peligroso para la instalación, ya que se alcanzan corrientes muy elevadas que deben ser despejadas con gran rapidez. Se emplean dispositivos de protección con un poder de corte mayor a la corriente máxima de cortocircuito. Se utilizan interruptores magnetotérmicos para despejar este tipo de falta, con el objetivo de que el corte se produzca lo más rápido posible y en el punto más cercano a la falta.

En la instalación estudiada se emplean interruptores automáticos magnetotérmicos ya que mediante el disparo térmico actúan frente a sobrecargas (basado en la dilatación del metal por aumento de temperatura) y

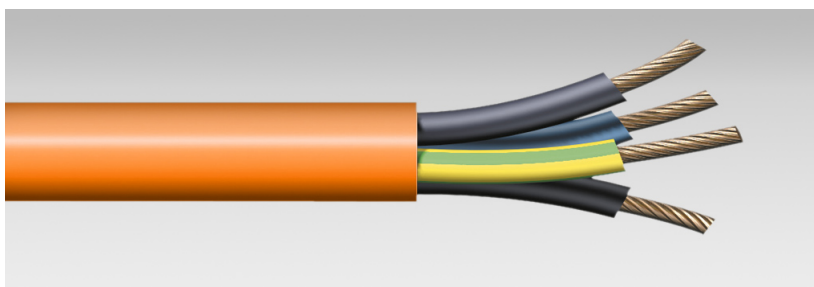


Figura 1.8 Cable 0.6/1 kV de tipo RZ1-K(AS).

a través del disparo magnético se protegen los cortocircuitos (basado en el campo magnético originado por la corriente que pasa por la protección). El método de dimensionamiento se explica en el Anexo de Cálculo.

Protección de las personas

Siempre que se produzca entre dos puntos una diferencia potencial y un conductor entre ellos, circulará una corriente eléctrica. El cuerpo humano es un elemento conductor, luego en el caso que contacte con algún elemento en tensión puede dar lugar a una corriente peligrosa para su integridad.

Por lo tanto, se instalan protecciones que actúan contra este tipo de problemas lo más rápido posible, ya que cuánto mayor sea la corriente y más tiempo de duración tenga, más peligroso será el daño ocasionado. Para corrientes inferiores a 30 mA no existen efectos peligrosos para el ser humano.

Existen dos tipos de situaciones que pueden ser peligrosas:

- **Contactos directos:** Aquellos casos en los que las personas se ponen en contactos con elementos de la instalación eléctrica sujetos a tensión. Esto se evita gracias al aislamiento de las partes activas de la instalación y a su ubicación lejana a la interacción con cualquier persona que no esté autorizada. Los conductores eléctricos quedan totalmente fuera de alcance directo.
- **Contactos indirectos:** Aquellas situaciones en las que la persona se pone en contacto con partes que normalmente no están sometidas a tensión y si lo están es por alguna anomalía. Lo más normal es que cuando se producen este tipo de contactos sea debido a defectos de aislamiento que someten a tensión a carcasas y partes metálicas de los receptores. Este tipo de protección es más complicada de realizar, puesto que los elementos no están tan localizados como en el caso anterior. Las medidas a tomar consisten en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándola a un dispositivo de corte automático, el interruptor diferencial, que origine la desconexión de la instalación defectuosa. La actuación del diferencial se basa en el campo magnético que crean las corrientes eléctricas, abriendo sus contactos cuando la suma vectorial de las corrientes que circulan dentro de él supere cierto valor umbral. Su dimensionado está definido en el Anexo de Cálculo.

Selectividad y filiación

A la hora de elegir las protecciones es muy importante tener en cuenta la posibilidad de coordinación de los aparatos mediante selectividad y filiación.

La selectividad consiste en la coordinación de los dispositivos de corte automático para que ante un defecto producido en cualquier punto de la red, éste sea eliminado por el interruptor colocado inmediatamente aguas arriba del defecto y solo por él. Esta coordinación debe estar plenamente garantizada por el fabricante de las protecciones que se implementarán en la instalación.

Por su parte, la filiación permite instalar protecciones con un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito calculada para un determinado punto. Esta coordinación se puede aplicar cuando existen

interruptores automáticos aguas arriba con un poder de corte adecuado que permiten que aguas abajo se instalen otros de poder de corte inferior, garantizando igualmente el despeje de falta.

1.12.7 Batería de condensadores

El factor de potencia es el coseno del ángulo de desfase que existe entre tensión y corriente. Este depende únicamente de las características de los receptores y de su funcionamiento.

Los receptores de tipo resistivo, absorben únicamente potencia activa, que se transforma íntegra en trabajo y calor y por lo tanto es la aprovechable. Los receptores de tipo inductivo consumen tanto activa como reactiva, teniendo un desfase en el que la intensidad se retrasa respecto a la tensión. Esta potencia reactiva no produce trabajo pero resulta indispensable para crear la excitación magnética en dichos receptores. Los receptores de tipo capacitivo absorben ambas potencias, provocando un desfase que consiste en el adelanto de la intensidad sobre la tensión.

Un factor de potencia relativamente bajo, para una tensión fija provoca una mayor absorción de intensidad, originando así un aumento de pérdidas, de la caída de tensión y de la potencia de los transformadores, que puede derivar en un sobredimensionamiento de los conductores y de los dispositivos de protección. Es por ello que las compañías distribuidoras penalizan a las instalaciones con un bajo factor de potencia, lo cual provoca un encarecimiento del suministro eléctrico.

Existen dos métodos de compensación de energía reactiva que permiten reducir el consumo de esta energía mediante elementos que produzcan energía capacitiva: las correcciones individuales o la corrección global.

La compensación individual consiste en corregir individualmente el factor de potencia por cada receptor. Este método posee una gran ventaja: la eliminación de circulación de energía reactiva en la instalación. Sin embargo resulta muy costoso por el elevado número de equipos que habría que instalar.

Por su parte, para la compensación global se instalan baterías de condensadores de compensación automática variable que permiten mejorar el factor de potencia de un conjunto de cargas.

Por tanto, las baterías de condensadores son dispositivos que permiten reducir considerablemente la demanda de energía reactiva de la instalación, mejorando así su factor de potencia, que será más alto cuanto menor energía reactiva se consuma. Estos elementos se adecuan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el factor de potencia deseado. Estos dispositivos disponen de un regulador que mide en todo momento el factor de potencia de la instalación y permite activar los distintos escalones de energía reactiva.

La batería de condensadores se instala en el CT, para compensar el factor de potencia debido a la reactiva consumida por el transformador. Este estará conectado en el secundario. Además se instala en el CGBT con objetivo de compensar el factor de potencia de la instalación en general. Los condensadores instalados son de tipo seco, para 400 V, trifásicos acoplados en triángulo, con resistencia de descarga incorporada. Se

ubican en la parte inferior del cuadro, con regulador automático de energía reactiva de hasta 12 escalones de regulación e indicador del factor de potencia. En la figura 1.9 se observa una batería de condensadores y los elementos necesarios para su instalación.

1.12.8 Alumbrado

El alumbrado es junto a la fuerza, uno de los receptores principales que demandan más potencia. El objetivo de la instalación de alumbrado radica en iluminar convenientemente el edificio para el desempeño de tareas visuales con un máximo de velocidad y exactitud, de una forma fácil, económica y cómoda, sin sobre esfuerzos ni fatiga, en ausencia o insuficiencia de luz natural.

Antes de nombrar los diferentes tipos de luminarias que emplearemos, resulta conveniente definir la distribución del alumbrado en la instalación, que seguirá las siguientes pautas:

- Todo el alumbrado interior está conectado a los servicios de emergencia.
- La sección mínima empleada es de 2.5 mm^2 , aunque la carga permita secciones inferiores.
- La alimentación a cada luminaria es individual, desde una caja de derivación de PVC, situada en la vertical de cada luminaria.
- El encendido se realiza mediante interruptores, pulsadores o conmutadores. Los mecanismos son de empotrar.
- Todas las luminarias van conectadas a tierra a través de conductores de protección independientes por cada uno de los circuitos.
- Se utilizan conductores con aislamiento XLPE, Cu electrolítico de clase 5, relleno de material termoplástico cero halógenos y no propagador de incendios, tensión 0.6/1 kV.



Figura 1.9 Batería de condensadores.

- Para el caso de alumbrado de emergencia, la distribución se realiza en canalización y registros independientes, con sección superior a 1.5 mm^2 . Conectados al mismo magnetotérmico que los circuitos de alumbrado. Los cables cumplen las mismas características que el alumbrado común.

Principalmente existen dos formas de producción de luz: por incandescencia (lámpara incandescente) y por fotoluminiscencia (lámparas de descarga). En la instalación en estudio se emplean:

- Lámparas incandescentes: La luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor que, calentado al rojo, produce luz por efecto de la termorradiación.
- Lámparas fluorescentes: Están formadas por un tubo de vidrio relleno por un gas inerte y una cantidad pequeña de mercurio, inicialmente en forma líquida. En cada uno de sus extremos se aloja un electrodo sellado herméticamente. Su funcionamiento está basado en la descarga de vapor de mercurio a baja presión. En el interior aparece una mezcla de polvos fluorescentes que convierten la radiación ultravioleta de la descarga en radiaciones de longitudes de onda más largas, variando el tono de luz mediante los polvos fluorescentes. No pueden estar conectados directamente a red, sino mediante un balasto que limite el flujo de la corriente a través de ella.
- Lámpara de descarga: En este tipo de lámparas están incluidas las de vapor de mercurio a alta presión y las de vapor de sodio a baja presión. El encendido es lento y se produce cuando se conecta la lámpara a través del balasto, se aplica una diferencia de potencial entre los electrodos principal y de arranque, generando un pequeño arco que permite el calor suficiente para vaporizar el mercurio o el sodio y establecer el arco entre ambos electrodos a través de la atmósfera de vapor. Tienen un mejor rendimiento que las incandescentes.

Iluminación interior

Se desarrolla siguiendo los distintos métodos de iluminación: general, general localizado y localizado, de acuerdo con la uniformidad necesaria. Se utilizan distintos niveles de luz (lux) dependiendo de la actividad a desarrollar y la implicación de las personas en la misma, siendo más alta (500 lux) en aulas u oficinas.

La iluminación se realiza con luminarias empotradas o de superficie tipo LED programables y con sensor de presencia y fotoeléctrico o con balasto electrónico. Se instalan fuentes de luz de la mayor eficiencia energética posible, con su encendido a través de interruptor de pared o telerruptores centralizados en los cuadros secundarios. Por lo general, la temperatura de color de los tubos fluorescentes es de 4000 °K, con índice de reproducción cromática de 85.

Se utilizan pantallas empotradas SLIM 35 W/45 W con regulación, en todos los espacios, salvo locales provistos de luminarias específicas. Por lo general, el alumbrado está comandado por interruptores de pared. Los alumbrados centralizados (pasillos, accesos, patios, etc), por contactores y los de aseos públicos,

parkings, etc por detectores autónomos de presencia de doble tecnología. Los alumbrados dispuestos en salas con aporte de luz natural suficiente están dotados de reguladores de nivel de iluminación.

En cuanto a su protección, están conectadas a viguetas por medio de cadenas de seguridad. El conexionado de dichas luminarias a la red se realiza mediante clavijas eléctricas, tipo macho-hembra.

Iluminación exterior

La iluminación exterior tiene niveles de luz por lo general inferiores a la interior (sobre 25 lux) ya que se realizan actividades con más cercanía a la luz natural. Se utilizan balizas en pasillos de jardines y columnas o báculos de luminaria de baja contaminación en vías de circulación.

Todo el alumbrado exterior se acciona por detectores crepusculares autónomos y estarán provistos de reguladores de nivel de iluminación. La sección mínima de los conductores enterrados utilizados es de 6 mm². Por último, se conectan a tierra todos los elementos de la luminaria exterior, de forma individual y colectiva. Si existen elementos metálicos a menos de 2 m de distancia, estos se conectan a la misma red de tierras formando una superficie equipotencial.

Alumbrados especiales

En la instalación se utilizan alumbrados de emergencia en todo el edificio, con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas y de los equipos de alta tecnología conectados a él.

Siguiendo la normativa para locales de pública concurrencia (ITC-BT-28), se debe prever alumbrado de emergencia y señalización para marcar las salidas a fin de facilitar la evacuación en el edificio. Estos aparatos son autónomos al suministro de red, con batería independiente y relé incorporado. Se ponen en funcionamiento cuando haya un corte de energía general o en el cuadro del que se alimentan, así como una caída de tensión del alumbrado general de al menos el 70%.

Son de montaje empotrado o adosado en función del punto en el que se instalen, de superficie para aseos, empotradas en oficinas, salas de reunión, pasillos, etc y estancas en cuartos de basura, locales técnicos o de riesgo especial.

La autonomía de estos elementos es como mínimo de una hora según REBT, y los equipos instalados se tratan de lámparas fluorescentes para alumbrado de emergencia e incandescentes para señalización.

1.12.9 Fuerza

Este tipo de punto de consumo constituye otra de las cargas que más potencia demanda de la instalación, ya que todos los dispositivos que requieran conexión eléctrica han de conectarse a la red mediante tomas de fuerza. El factor de simultaneidad de las tomas se ha determinado en función del uso que se le da a cada toma de corriente y la potencia que esta demanda.

En la instalación estudiada se emplean fundamental tomas de corriente monofásicas, a 230 V (1F+N+PE). La alimentación está compuesta por cables unipolares de cobre aislado, de colores azul y negro. Estos se

canalizan con las mismas especificaciones que las definidas para el alumbrado y canalizaciones, siendo la sección mínima a utilizar 2.5 mm^2 . Desde cada uno de los cuadros secundarios parten los circuitos que alimentan a las diferentes tomas de fuerza.

La derivación a cada toma se realiza mediante una caja de PVC situada en la vertical del elemento a alimentar, oculta en falso techo cuando esté registrable. Si no lo está, la caja de derivación empotrada se sitúa justo por debajo del falso techo.

Se utilizan las siguientes indicaciones en cuanto a la instalación de las diferentes tomas de corriente:

- Se instalan tomas de corriente de usos varios en pasillos y en espacios sin contenido específico asignado. La caja de mecanismos está situada mínimo a 40 cm del suelo, al igual que en despachos y oficinas. En baños, aseos, cocinas y demás cuartos húmedos la altura de dicha caja es de 110 cm.
- En puestos de trabajo se dispone de un conjunto de mecanismos formado por 6 tomas de corriente de 10/16 A para uso informático y otros. Con circuitos independientes para tomas de uso informático. Dos protección magnetotérmicas (red/SAI) no superiores a 6 A y una diferencial no superior a 30 mA se instalan por cada puesto de trabajo. De las 6 tomas de fuerza existentes, 2 se conectan a SAI y 4 a red. Además, hay 2 tomas RJ-45 de voz y datos que han de estar separadas al menos 30 cm de las tomas eléctricas.
- Si se prevé presencia infantil en algunas áreas, las tomas han de estar protegidas con mecanismos de seguridad infantil.
- En aulas informáticas, centros de cálculo y salas de estudio se instalan transformadores especiales para evitar la tasa de distorsión armónica (THD) originada por el gran número de cargas no lineales y así evitar la influencia del tercer armónico en la red (aumento intensidad de neutro, disparo aleatorio de diferenciales, etc). Con la instalación de dicho transformador no se necesita un diferencial por cada puesto.
- Las tomas de fuerza para climatización se alimentan desde los cuadros generales mediante línea trifásico con neutro a 400/230 V, con conductor unipolar de cobre de aislamiento 0.6/1 kV. Dicha distribución se realiza con los circuitos necesarios para alimentar a los equipos receptores de aire acondicionado y extracción, motores, pulsadores, interruptores y aparatos de mando y control. En todas las canalizaciones hay un conductor de tierra de igual sección que las fases y que conecta la carcasa de los motores y equipos con los colectores de tierra previstos.
- Las tomas de fuerza para equipos de servicio preferente van alimentadas desde el CGBT mediante línea trifásica con neutro 400/230 V y 0.6/1 kV de aislamiento. Al igual que la climatización, los equipos y motores van conectados a tierra mediante un conductor de tierra análogo al anterior.

- Desde el CGBT se alimentan las tomas de fuerza referentes a los equipos de protección contra incendios mediante línea trifásica con neutro y conductores capaces de funcionar a 400 °C durante 90 minutos mínimo, protegida mediante tubo y aislamiento 0.6/1 kV. La toma de tierra se realiza análogamente a las dos anteriores.

1.13 Análisis del problema

Ya analizados los elementos principales que componen la instalación en estudio y habiendo marcado las pautas o condiciones que han de cumplir, nos encontramos en disposición de estudiar una solución alternativa a la ya establecida, valorando su adecuación a la instalación y el importe económico que esta supone. En este apartado y los posteriores nos centraremos en los elementos que están íntimamente relacionados al problema y sobre los que actuaremos, así como en las cargas conectadas a ellos, con el objetivo de dimensionar posteriormente la instalación con canalizaciones eléctricas prefabricadas.

1.13.1 Introducción

Para analizar convenientemente la situación en la que se centra el problema, hay que empezar por el origen, es decir, el Cuadro General de Distribución del Centro de Transformación. El suministro de red en media tensión llega mediante acometida al CT. Este se compone por tres transformadores en paralelo, con una potencia nominal asignada de 800 kVA para cada uno (un total de 2400 kVA) y una tensión de cortocircuito del 6%. Estos datos, junto a la potencia de cortocircuito de la red, permiten definir una primera reactancia, suma de la red y del transformador, que es vital para el cálculo de la corriente de cortocircuito, puesto que influye en todos los tramos a la hora de obtener el máximo valor de la falta y dimensionar por tanto las protecciones.

Así pues, quedan establecidas las condiciones iniciales para este cálculo, que como ya veremos, es fundamental para la valoración posterior de la solución. El CGD dispone de una entrada y una salida. La entrada llega alimentada desde el propio transformador. Al haber tres transformadores se utilizarán 9 cables de 150 mm² cada uno. Esta gran sección está justificado por la elevada potencia que demanda el CGD. La línea de salida del CGD abastece al CGBT del edificio. Este cuadro tiene en cuenta la demanda completa de la instalación y es el que establece la potencia total, a partir de la cual se dimensionan los transformadores. Como solo hay una entrada y una salida, ambos cables se dimensionarán de igual forma, ya que por ellos circula la misma corriente.

Este requerimiento de potencia total del CGBT está definido por todas las cargas a las que se abastece en la instalación y ronda los 2475 kW, que, teniendo en cuenta un factor de simultaneidad del 0.8 de toda la instalación, se queda ligeramente por debajo de los 2000 kW.

1.13.2 CGBT

El Cuadro General de Baja Tensión es el cuadro del que parten las líneas que alimentarán a los cuadros generales del sótano, uno de los objetivos del estudio. Además de suministrar corriente a dichos cuadros, posee más salidas. El CGBT recibe suministro directo desde el CGD del CT.

Cabe recordar que el grupo electrógeno de la instalación eléctrica se encuentra conectado directamente al CGBT, por lo que los cuadros de salida serán alimentados por embarrados de grupo y de red. Además, como ya se ha mencionado el CGBT cuenta con una batería de condensadores variables que favorecen el rendimiento del suministro eléctrico de la instalación.

Al englobar la demanda de todas las cargas del edificio, la intensidad de cortocircuito de este cuadro tiene un valor muy grande, ya que no hay apenas elementos entre el transformador y el cuadro y por tanto la impedancia es muy pequeña. Esto supone la colocación de un interruptor general de gran calibre, con un poder de corte de unos 60 kA que asegura el despeje de todo tipo de faltas provocadas en esta zona.

El CGBT alimenta en su mayoría a cuadros ubicados en el sótano del edificio, debido a su cercanía con el mismo. Cabe recordar que el CGBT se aloja en el sótano 1, por lo que desde esta planta saldrán las líneas de alimentación del resto de cuadros de la instalación.

Los cuadros alimentados por el CGBT son los siguientes:

- Cuadros de alumbrado y fuerza de los sótanos: Es imprescindible alimentar a las luminarias y los puntos de consumo tanto el sótano 1 como el sótano 2. Debido a su disposición geográfica cercana al CGBT, se alimentan directamente desde dicho cuadro, satisfaciendo así las necesidades de consumo de ambos sótanos. Como el resto de cuadros destinados a fuerza y alumbrado, reciben suministro de red y de grupo.
- Cuadro general de Sala de Racks: Es alimentado desde el embarrado de grupo del CGBT. Se sitúa en el sótano 1 y su objetivo es proporcionar suministros a los equipos electrónicos, informáticos y de telecomunicaciones.
- Cuadro general del centro de procesos de datos: Cuadro situado en la planta baja, muy cercana a la ubicación del CGBT y que resulta de gran importancia para el procesamiento de datos, por lo que recibe alimentación directa del CGBT.
- Cuadro secundario del centro de transformación: Se alimenta mediante red y se utiliza para dar suministro a todos los servicios secundarios ubicados en el CT y mencionados en el apartado 1.12.1.
- Blindobarras talleres: La distribución de energía eléctrica relacionada con los talleres corre a cargo de estas canalizaciones prefabricadas. Son alimentadas directamente desde red y grupo del CGBT y sobre ellas recae toda la potencia demandada por las cargas del taller. Se sitúan en la planta baja del edificio, cercanas al CGBT.

- Cuadros generales del sótano 1 de los diferentes bloques: Estos cuadros son el centro de estudio del problema tratado en este proyecto. Desde cada uno de ellos (4 en total, uno por cada bloque) saldrán las líneas que alimenten a los cuadros pertinentes de las diferentes plantas del establecimiento. Al ser cuadros generales importantes para la división de la instalación eléctrica en general, reciben suministro de grupo y red.

1.13.3 Cuadro General del Sótano 1 Bloque 1

Es el primero de los cuadros generales del sótano que serán alimentados por el CGBT. El CGS1B1 distribuye la corriente eléctrica por las diferentes dependencias del bloque 1. Alimenta pues a diferentes cuadros situados desde la planta 2 hasta la cubierta del edificio. Estos cuadros serán utilizados para alumbrado y fuerza de las plantas y el salón de grados.

A cada uno de los cuadros generales estudiados va conectado un dispositivo SAI, de manera que el suministro distribuido desde dichos cuadros es bastante seguro ya que tiene alimentación de red, de grupo y de SAI. Mediante estos tres embarrados diferenciados llegan líneas independientes a los diferentes cuadros de alumbrado y fuerza de las distintas plantas. Estas líneas se trata de cables unipolares de cobre tipo RZ1-K (AS) canalizados en bandeja perforada y de secciones diversas, hasta los 185 mm^2 (en CGS1B3). Además se alimenta un cuadro en la cubierta de climatización.

A continuación se adjunta tabla con las magnitudes más importantes de los cuadros alimentados y las correspondientes líneas que distribuyen la corriente a dichos cuadros para el caso de suministro de red:

Tabla 1.1 Tabla resumen CGS1B1 red.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm ²)
CGS1B1_R	CP2AFSG_R	9360	71	6
CGS1B1_R	CP2ASUM_R	7200	78	6
CGS1B1_R	CP3B1AFPL_R	34960	38	50
CGS1B1_R	CP4B1AFPL_R	43520	42	70
CGS1B1_R	CP5B1AFPL_R	21201	46	16
CGS1B1_R	CPCB1CL_R	21056	55	10

En el embarrado de grupo tenemos:

Tabla 1.2 Tabla resumen CGS1B1 grupo.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm2)
CGS1B1_G	CP2AFSG_G	3918	71	6
CGS1B1_G	CP2ASUM_G	3918	78	6
CGS1B1_G	CP3B1AFPL_G	8874	38	10
CGS1B1_G	CP4B1AFPL_G	10938	42	10
CGS1B1_G	CP5B1AFPL_G	33409	46	6

1.13.4 Cuadro General de Sótano 1 Bloque 2

El cuadro general del bloque 2 CGS2B2 ofrece suministro a los cuadros de alumbrado y fuerza de las plantas del bloque 2, recorriendo todo el edificio desde el sótano 1 hasta la cubierta.

Al igual que el caso anterior, se conecta un dispositivo de batería SAI para garantizar la seguridad del suministro, ya que desde este cuadro parten las líneas que alimentan las cargas de las distintas plantas, por lo que es un cuadro de gran importancia para la distribución de energía en la instalación.

Análogo al anterior apartado, en la siguiente tabla se observan las líneas de alimentación del suministro de red que parten del CGS1B2 a los diferentes cuadros del edificio:

Tabla 1.3 Tabla resumen CGS1B2 red.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm2)
CGS1B2_R	CS1AFPL_R	121600	80	150
CGS1B2_R	CP0AFSA_R	16520	94	10
CGS1B2_R	CP0AFPL_R	51760	93	70
CGS1B2_R	CP1AFBL1_R	26160	102	25
CGS1B2_R	CP2AFPL_R	30320	100	25
CGS1B2_R	CP3B2AFPL_R	45600	60	70
CGS1B2_R	CP4B2AFPL_R	54000	64	70
CGS1B2_R	CP5B2AFPL_R	21200	68	10
CGS1B2_R	CPCB2CL_R	279336	68	2x185

Para el caso de la alimentación mediante embarrado de grupo:

Tabla 1.4 Tabla resumen CGS1B2 grupo.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm2)
CGS1B2_G	CS1AFPL_G	29144	80	70
CGS1B2_G	CP0AFSA_G	5236	94	6
CGS1B2_G	CP0AFPL_G	11355	93	16
CGS1B2_G	CP1AFBL1_G	8718	102	6
CGS1B2_G	CP2AFPL_G	8794	100	6
CGS1B2_G	CP3B2AFPL_G	11754	60	10
CGS1B2_G	CP4B2AFPL_G	11754	64	16
CGS1B2_G	CP5B2AFPL_G	26215	68	16

Cabe destacar la gran demanda requerida por los dispositivos de climatización instalados en la cubierta, con un total de 349170 W que, multiplicados por el coeficiente de simultaneidad de 0.8, se reducen a 279336 W. En este bloque se encuentran instalados en la cubierta grandes equipos de climatización, por lo que

aumenta la intensidad y por consecuencia se hace más aconsejable el uso de blindobarras para alimentar toda esta rama del bloque 2.

Además, se puede observar que la sección de la mayoría de conductores es mayor que en el CGS1B1, ya que alimenta cuadros de alumbrado y fuerza de una planta entera. Esto encarece la adquisición de los cables utilizados para este propósito.

1.13.5 Cuadro General del Sótano 1 Bloque 3

El CGS1B3 alimenta a los cuadros de alumbrado y fuerza de las diferentes plantas, aunque no tiene asignados tantos cuadros como el del bloque 2, la potencia que ha de satisfacer es grande debido a la instalación de equipos de climatización en la cubierta del bloque 3.

El dispositivo SAI conectado al CGS1B3 beneficia la seguridad del suministro y hace que desde este cuadro general se reparta el suministro a través de 3 embarrados diferentes.

La tabla 1.5 muestra los cuadros a los que alimenta el CGS1B3 mediante embarrado de red, con su respectiva potencia, la longitud del tramo y la sección de los conductores empleados.

Tabla 1.5 Tabla resumen del CGS1B3 red.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm ²)
CGS1B3_R	CS1GBCL_R	86560	28	70
CGS1B3_R	CP3B3AFPL_R	48960	45	70
CGS1B3_R	CP4B3AFPL_R	21200	49	10
CGS1B3_R	CP5B3AFPL_R	21200	53	10
CGS1B3_R	CPCB3CL_R	278536	62	2x185

Se destacan en este bloque dos cuadros que consumen una potencia notablemente mayor que el resto. El cuadro de la sala de máquinas de climatización del sótano 1, que demanda 108200 W, sin tener en cuenta la simultaneidad y el cuadro ubicado en la cubierta del bloque 3 que alimenta a los equipos de climatización y que requiere 348170 W de potencia activa y cuyo cable de distribución es de 185 mm².

Analizando el embarrado de grupo, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 1.6 Tabla resumen del CGS1B3 grupo.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm2)
CGS1B3_G	CP3B3AFPL_G	12714	45	16
CGS1B3_G	CP4B3AFPL_G	6525	49	6
CGS1B3_G	CP5B3AFPL_G	26215	53	25

1.13.6 Cuadro General del Sótano 1 Bloque 4

Al igual que el resto de cuadros generales instalados en el sótano, el CGS1B4 se encarga de repartir el suministro de red, grupo y SAI a los cuadros de alumbrado y fuerza de las plantas pertenecientes al bloque 4, así como a los equipos de climatización de la cubierta.

Los requerimientos de potencia que ha de satisfacer este cuadro son menores al no haber plantas de climatización instaladas en la cubierta del bloque. La tabla a continuación mostrada resume los cuadros alimentados desde el embarrado de red del CGS1B4.

Tabla 1.7 Tabla resumen CGS1B4 red.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm2)
CGS1B4_R	CP0AF24H_R	19560	60	10
CGS1B4_R	CP1AFBL2_R	17840	63	10
CGS1B4_R	CP1AFLB_R	37560	58	50
CGS1B4_R	CP2AFCF_R	33600	74	10
CGS1B4_R	CP3B4AFPL_R	47440	42	70
CGS1B4_R	CP4B4AFPL_R	21200	46	10
CGS1B4_R	CP5B4AFPL_R	21200	50	10
CGS1B4_R	CPCB4CL_R	43216	59	10

La tabla 1.8 resume los cuadros alimentados desde este cuadro mediante el embarrado de grupo.

Tabla 1.8 Tabla resumen CGS1B4 grupo.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad=0.8) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm²)
CGS1B4_G	CP0AF24H_G	4718	60	6
CGS1B4_G	CP1AFBL2_G	2800	63	6
CGS1B4_G	CP1AFLB_G	11094	58	16
CGS1B4_G	CP2AFCF_G	2646	74	6
CGS1B4_G	CP3B4AFPL_G	12144	42	16
CGS1B4_G	CP4B4AFPL_G	6525	46	6
CGS1B4_G	CP5B4AFPL_G	2615	50	16

Los cuadros alimentados por el CGS1B4 no demandan una gran potencia ya que la mayoría se tratan de cuadros de alumbrado y fuerza de diferentes dependencias (24 horas, bibliotecas 1 y 2, cafetería y de planta).

Por último, cabe recordar que las líneas que suministran todos los cuadros desde los generales del sótano 1 son cables unipolares de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado XLPE, instalados al aire en capa única sobre bandejas perforadas horizontales, en agrupamiento de 20 circuitos por canalización, a una temperatura ambiente de 35°C y con dos circuitos trifásicos juntos por bandeja. Estas especificaciones dan lugar a un factor de corrección por instalación total de 0.6, a aplicar para el cálculo de la intensidad máxima admisible, utilizada para el dimensionado de la sección de los cables.

1.13.7 Cuadro de alumbrado y fuerza de la planta 3 del bloque 2

En este apartado se analizarán las líneas de derivación que van desde el cuadro de alumbrado y fuerza del bloque 2 planta 3 (CP3B2AFPL) hacia los diferentes cuadros de laboratorio (en total 7) de dicha planta. Se comenzará por el estudio de las líneas independientes con sus respectivos cables que alimentan a dichos cuadros para luego proceder a la valoración de la instalación de blindobarras en lugar de estas líneas.

El CP3B2AFPL se divide básicamente en dos partes:

- La alimentación directa desde el cuadro a los diversos puntos de alumbrado y fuerza referentes a la luminaria y puestos de trabajo de la planta 3 cercanos a dicho cuadro. Este suministro se repartirá desde los embarrados de red (fuerza), grupo (alumbrado y fuerza) y SAI(fuerza).
- Las líneas de derivación que salen del cuadro y dirigen la corriente hacia los cuadros específicos de laboratorio que se encargan de alimentar todas las cargas relativas a estos. En este apartado nos centraremos en estos cuadros de salida del CP3B2AFPL.

A continuación se especifican en las siguiente tablas las magnitudes más importantes que caracterizan las líneas de alimentación a los cuadros de laboratorio, desde los embarrados de red, grupo y SAI. En este caso los factores de simultaneidad a considerar serán de 0.5 para alimentación de red, de 0.4 para la de grupo y de 0.35 para SAI.

Tabla 1.9 Tabla resumen alimentación cuadros laboratorios desde CP3B2AFPL red.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm2)
CP3B2AFPL_R	CP3B2L1_R	5200	24	6
CP3B2AFPL_R	CP3B2L2_R	5200	31	6
CP3B2AFPL_R	CP3B2L3_R	7600	16	6
CP3B2AFPL_R	CP3B2L4_R	5800	30	6
CP3B2AFPL_R	CP3B2L5_R	5800	36	6
CP3B2AFPL_R	CP3B2L6_R	5800	50	6
CP3B2AFPL_R	CP3B2L7_R	8300	58	6

Tabla 1.10 Tabla resumen alimentación cuadros laboratorios desde CP3B2AFPL grupo.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm2)
CP3B2AFPL_G	CP3B2L1_G	1200	24	6
CP3B2AFPL_G	CP3B2L2_G	1200	31	6
CP3B2AFPL_G	CP3B2L3_G	1200	16	6
CP3B2AFPL_G	CP3B2L4_G	1200	30	6
CP3B2AFPL_G	CP3B2L5_G	1200	36	6
CP3B2AFPL_G	CP3B2L6_G	1200	50	6
CP3B2AFPL_G	CP3B2L7_G	1200	58	6

Tabla 1.11 Tabla resumen alimentación cuadros laboratorios desde CP3B2AFPL SAI.

Origen	Destino	Potencia (incluyendo simultaneidad) (W)	Longitud (m)	Sección conductores (mm ²)
CP3B2AFPL_S	CP3B2L1_S	1890	24	6
CP3B2AFPL_S	CP3B2L2_S	1890	31	6
CP3B2AFPL_S	CP3B2L3_S	1890	16	6
CP3B2AFPL_S	CP3B2L4_S	1470	30	6
CP3B2AFPL_S	CP3B2L5_S	1470	36	6
CP3B2AFPL_S	CP3B2L6_S	1470	50	6
CP3B2AFPL_S	CP3B2L7_S	1470	58	6

Se puede observar que las líneas de alimentación analizadas en esta tabla transportan una corriente sensiblemente menor que en el caso de los cuadros generales del sótano 1, ya que la potencia que demandan los cuadros de laboratorio es inferior a la demandada por los cuadros a los que alimentaban los cuadros generales. Esto origina que los cables dimensionados en esta tabla sean de sección de 6 mm² que es la mínima utilizada en los casos de alimentación de cuadros.

1.13.8 Dimensionado de blindobarras

Introducción

Tras haber analizado los cables correspondientes a las líneas independientes objeto de estudio, se procederá en este apartado al dimensionado de las canalizaciones eléctricas prefabricadas que sustituirán dichas líneas.

Antes de comenzar a mostrar los resultados obtenidos de las blindobarras pertinentes que trataremos como alternativa a la solución ya estudiada, conviene tener en cuenta las siguientes indicaciones a la hora del cálculo de estas canalizaciones en la instalación:

- Al contrario que las líneas independientes, que dan suministro de forma individual a cada cuadro, a través de una sola blindobarra se alimentarán los cuadros correspondientes del embarrado.
- Para el caso de los cuadros generales del sótano se analizarán las derivaciones a cuadros del embarrado de red y grupo, de forma independiente.
- En lo referido a los cuadros de alumbrado y fuerza de planta que a su vez alimentan a cuadros de laboratorio, se estudiará dicha alimentación mediante los embarrados de red, grupo y SAI.

- Para obtener la potencia demandada de cada cuadro, se tomará un factor de simultaneidad de 0.8 por cuadro para el caso de alimentación de los cuadros generales del sótano, tanto para red como para grupo. En el estudio de la derivación hacia los cuadros de laboratorio, se supondrá un coeficiente de 0.5 para alimentación desde red, 0.4 para grupo y 0.35 para SAI.
- Se aplicará un coeficiente de simultaneidad de 1 a la hora de dimensionar las blindobarras que alimenten a los cuadros en estudio.
- El método que se utilizará para el dimensionado de blindobarras consiste en la creación de nodos (uno por cada cuadro) que sirvan de referencia para el cálculo de longitudes y supongan el punto donde ha de colocarse la caja de derivación hacia el cuadro. Estos nodos no se situarán en la misma ubicación del cuadro, sino que su emplazamiento será sobre la propia blindobarra, alimentando posteriormente al cuadro mediante una línea independiente que será previsiblemente de pocos metros, ya que el nodo por conveniencia se situará a una distancia cercana al cuadro. Este método se observa en la figura 1.10
- Las blindobarras seguirán el mismo recorrido que las bandejas ya diseñadas y dimensionadas, recorriendo así las diferentes plantas del edificio. Esta suposición será necesaria para el cálculo de longitudes.
- A la hora de estudiar la blindobarra que parte de un cuadro general o del de fuerza y alumbrado de planta se tratará de no instalar blindobarras con diferente intensidad nominal, ya que esto implicaría la colocación de un fusible en el punto de unión de las dos blindobarras, lo cual es preferiblemente evitable.
- Se emplearán cables convencionales para alimentación desde el nodo o caja de derivación de la blindobarra hacia los cuadros que esta alimenta. Dichos cables tendrán la misma sección que los ya dimensionados y resueltos, expuestos en los apartados anteriores, aunque serán de una longitud pequeña.
- La intensidad de la blindobarra se obtendrá mediante el criterio de la carga acumulada, que consiste en sumar las potencias que demandan los cuadros conectados para obtener la potencia total demandada por las cargas que serán alimentadas por la blindobarra. En función de esta potencia se calculará la intensidad total.

Blindobarra cuadro CGS1B1

Desde este cuadro ubicado en el sótano 1 partirán dos tramos diferenciados de blindobarra, uno de ellos alimentará a los cuadros de la planta 2, a través de un mismo nodo, ya que están situados muy cercanos el uno al otro. El otro tramo de blindobarra alimentará a los cuadros de alumbrado y fuerza del bloque 1 de las plantas 3,4 y 5 y al de climatización de la cubierta del bloque 1.

En las siguiente tablas se exponen los resultados obtenidos en el dimensionamiento de las blindobarras de los embarrados de red y grupo, incluyendo los nodos, sus longitudes y la intensidad nominal elegida para la blindobarra completa.

Tabla 1.12 Blindobarras CGS1B1 red.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B1_R	1_Nodo1_R	16560	63	250
CGS1B1_R	1_Nodo2_R	34960	35	250
1_Nodo2_R	1_Nodo3_R	43520	4	250
1_Nodo3_R	1_Nodo4_R	21.201	4	250
1_Nodo4_R	1_Nodo5_R	21.056	10	250

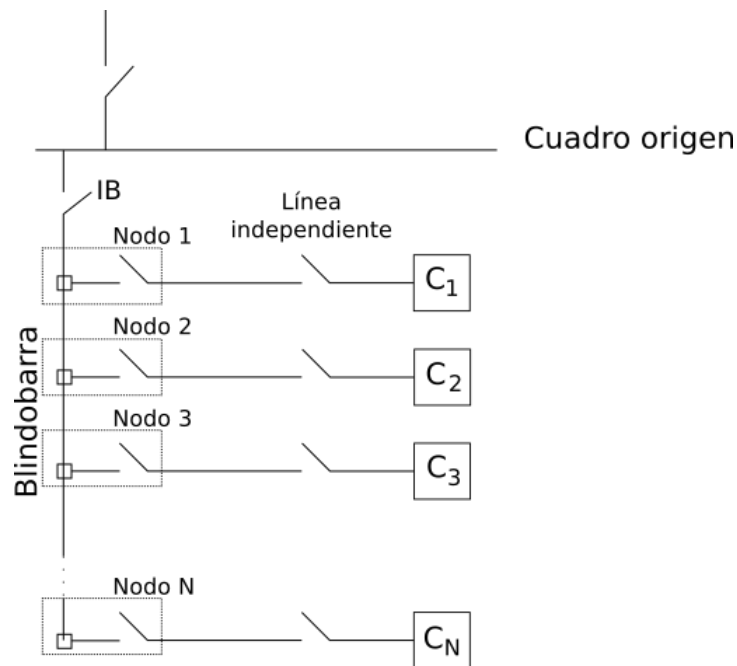


Figura 1.10 Método de los nodos para el dimensionado de blindobarras.

Tabla 1.13 Blindobarras CGS1B1 grupo.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B1_G	1_Nodo1_G	7.836	63	100
CGS1B1_G	1_Nodo2_G	8.874	35	100
1_Nodo2_G	1_Nodo3_G	10.938	4	100
1_Nodo3_G	1_Nodo4_G	33.409	4	100

Por último, hay que tener en cuenta en este sistema de distribución las líneas que salen de los nodos de la blindobarra y que alimentan directamente a los cuadros a través de cables convencionales. En la siguiente tabla se muestra un resumen con las longitudes y secciones de dichos cables. Éstas últimas serán iguales a las ya calculadas y expuestas en los apartados anteriores. Se expondrán como ejemplo las tablas para el caso de alimentación mediante embarrado de red. Para el caso de grupo tendrán la misma longitud y sección correspondiente a dicho embarrado.

Tabla 1.14 Cables utilizados en alimentación directa a cuadros mediante blindobarra CGS1B1.

Origen	Destino	Longitud (m)	Sección (mm2)
Nodo 1	CP2AFSG	8	6
Nodo 1	CP2ASUM	16	6
Nodo 2	CP3B1AFPL	3	50
Nodo 3	CP4B1AFPL	3	70
Nodo 4	CP5B1AFPL	2	16
Nodo 5	CPCB1CL	1	10

Blindobarra cuadro CGS1B2

Desde este cuadro general saldrán dos tramos de blindobarra. Uno circulará por el sótano 1 y las plantas 0,1 y 2, alimentando los cuadros asignados. Los cuadros de la planta 0 estarán conectados mediante un solo nodo a la blindobarra, ya que se encuentran a una distancia muy pequeña el uno del otro.

El otro de los tramos irá directo a la planta 3 para alimentar a los cuadros de alumbrado y fuerza de dicha planta y superiores, además de la climatización de la cubierta para el caso del embarrado de red. Las tablas 1.15 y 1.16 muestran esta distribución con los datos fundamentales.

Tabla 1.15 Blindobarras CGS1B2 red.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B2_R	2_Nodo1_R	121600	60	1000
2_Nodo1_R	2_Nodo2_R	68.280	32	1000
2_Nodo2_R	2_Nodo3_R	26.160	22	1000
2_Nodo3_R	2_Nodo4_R	30.320	10	1000
CGS1B2_R	2_Nodo5_R	45.600	57	1000
2_Nodo5_R	2_Nodo6_R	54.000	4	1000
2_Nodo6_R	2_Nodo7_R	21.200	4	1000
2_Nodo7_R	2_Nodo8_R	279.336	2	1000

Como ya se ha comentado anteriormente, se han instalado plantas de climatización que consumen gran potencia en la cubierta de este bloque, por lo que la intensidad de la blindobarra resulta mayor que en el caso anterior.

Tabla 1.16 Blindobarras CGS1B2 grupo.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B2_G	2_Nodo1_G	29.144	60	160
2_Nodo1_G	2_Nodo2_G	16.591	32	160
2_Nodo2_G	2_Nodo3_G	8.714	22	160
2_Nodo3_G	2_Nodo4_G	8.794	10	160
CGS1B2_G	2_Nodo5_G	11.754	57	160
2_Nodo5_G	2_Nodo6_G	11.754	4	160
2_Nodo6_G	2_Nodo7_G	26.215	4	160

A continuación se muestra una tabla con los cables utilizados para alimentar los equipos desde la blindobarra, con su correspondiente longitud y sección, para el caso de embarrado de red.

Tabla 1.17 Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra CGS1B2.

Origen	Destino	Longitud (m)	Sección (mm ²)
Nodo 1	CS1AFPL	17	150
Nodo 2	CP0AFSA	2	10
Nodo 2	CP0AFPL	1	70
Nodo 3	CP1AFBL1	20	25
Nodo 4	CP2AFPL	8	25
Nodo 5	CP3B2AFPL	3	70
Nodo 6	CP4B2AFPL	3	70
Nodo 7	CP5B2AFPL	3	10
Nodo 8	CPCB2CL	1	2x185

Blindobarra cuadro CGS1B3

Partiendo de este cuadro general del sótano y análogamente a los casos anteriores, se trazarán dos tramos de blindobarra. El primero de ellos alimentará un cuadro del sótano 1 a través del nodo 1, en la misma planta en la que se sitúa el cuadro general. El segundo partirá directamente a la planta 3 y superiores para alimentar a los cuadros de alumbrado y fuerza del bloque 3 y la climatización de la cubierta.

En las tablas 1.18 y 1.19 se muestran las distribuciones de la blindobarra, sus diferentes nodos y los tramos correspondientes, junto a la intensidad nominal elegida para los casos de red y grupo.

Tabla 1.18 Blindobarras CGS1B3 red.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B3_R	3_Nodo1_R	86.560	27	800
CGS1B3_R	3_Nodo2_R	48.960	43	800
3_Nodo2_R	3_Nodo3_R	21.200	4	800
3_Nodo3_R	3_Nodo4_R	21.200	4	800
3_Nodo4_R	3_Nodo5_R	278.536	11	800

Tabla 1.19 Blindobarras CGS1B3 grupo.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B3_G	3_Nodo1_G	12.714	43	63
3_Nodo1_G	3_Nodo2_G	6.525	4	63
3_Nodo2_G	3_Nodo3_G	26.215	4	63

Para finalizar, el sistema de blindobarras que parte del cuadro CGS1B3 necesita los siguientes cables convencionales que parten de los diferentes nodos de la blindobarra y alimentan los cuadros correspondientes a dichos nodos. En la tabla 1.20 se muestran las longitudes y secciones de dichos cables para el embarrado de red.

Tabla 1.20 Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra CGS1B3.

Origen	Destino	Longitud (m)	Sección (mm2)
Nodo 1	CS1GBCL	1	70
Nodo 2	CP3B3AFPL	2	70
Nodo 3	CP4B3AFPL	2	10
Nodo 4	CP5B3AFPL	2	10
Nodo 5	CPCB3CL	1	2x185

Blindobarra cuadro CGS1B4

La última blindobarra analizada como alternativa para la distribución desde los cuadros generales del sótano es la que parte del CGS1B4. Como el resto de casos anteriores, dividiremos la blindobarra en dos tramos fundamentalmente. Uno de ellos alimentará los cuadros de las plantas P0, P1 y P2 mientras el otro tramo dará suministro a los cuadros de la planta 3 y superiores, hasta la cubierta.

Tabla 1.21 Blindobarra CGS1B4 red.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B4_R	4_Nodo1_R	19.560	55	400
4_Nodo1_R	4_Nodo2_R	55.400	4	400
4_Nodo2_R	4_Nodo3_R	33.600	4	400
CGS1B4_R	4_Nodo4_R	47.440	40	400
4_Nodo4_R	4_Nodo5_R	21.200	4	400
4_Nodo5_R	4_Nodo6_R	21.200	4	400
4_Nodo6_R	4_Nodo7_R	43.216	10	400

Tabla 1.22 Blindobarra CGS1B4 grupo.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CGS1B4_G	4_Nodo1_G	4.718	55	160
4_Nodo1_G	4_Nodo2_G	13.894	4	160
4_Nodo2_G	4_Nodo3_G	2.646	4	160
CGS1B4_G	4_Nodo4_G	12.144	40	160
4_Nodo4_G	4_Nodo5_G	6.525	4	160
4_Nodo5_G	4_Nodo6_G	26.215	4	160

Análogamente a las anteriores, el sistema de distribución basado en blindobarras que parten del cuadro CGS1B4 necesita cables convencionales que alimenten directamente a los cuadros y que salgan desde los nodos de las blindobarras. En la siguiente tabla se exponen los datos más importantes de dichos cables para el embarrado de red:

Tabla 1.23 Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra CGS1B4.

Origen	Destino	Longitud (m)	Sección (mm²)
Nodo 1	CP0AF24H	5	10
Nodo 2	CP1AFBL2	4	10
Nodo 2	CP1AFLB	9	50
Nodo 3	CP2AFCF	15	10
Nodo 4	CP3B4AFPL	2	70
Nodo 5	CP4B4AFPL	2	10
Nodo 6	CP5B4AFPL	2	10
Nodo 7	CPCB4CL	1	10

Blindobarra Cuadro CP3B2AFPL

Por último analizaremos, con este cuadro como ejemplo, el caso de alimentación de laboratorios mediante blindobarras. En este caso, todos los cuadros se sitúan en la misma planta, cercanos los unos a los otros. Mediante el cuadro de alumbrado y fuerza de la planta 3 partirán las líneas hacia los diferentes cuadros que alimentarán a las cargas de los laboratorios. Se estudiará la colocación de las blindobarras expuestas en las siguientes tablas como sustitución de las líneas.

La blindobarra se dividirá en dos tramos. Por un lado alimentará a los cuadros situados por encima del CP3B2AFPL mediante 2 nodos (uno para el laboratorio L1 y otro para el laboratorio L3). Por el otro lado se distribuirá la energía eléctrica a los cuadros ubicados por debajo del de alumbrado y fuerza principal, desde el laboratorio L3 hasta el laboratorio L7. Se mostrarán en las tablas 1.24, 1.25 y 1.26 las magnitudes fundamentales de las blindobarras que parten desde el embarrado de red, grupo y SAI.

Tabla 1.24 Blindobarra laboratorio red.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CP3B2AFPL_R	L_Nodo1_R	5.200	23	100
L_Nodo1_R	L_Nodo2_R	5.200	7	100
CP3B2AFPL_R	L_Nodo3_R	7.600	15	100
L_Nodo3_R	L_Nodo4_R	5.800	14	100
L_Nodo4_R	L_Nodo5_R	5.800	6	100
L_Nodo5_R	L_Nodo6_R	5.800	14	100
L_Nodo6_R	L_Nodo7_R	8.300	8	100

Tabla 1.25 Blindobarra laboratorio grupo.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CP3B2AFPL_G	L_Nodo1_G	1.200	23	25
L_Nodo1_G	L_Nodo2_G	1.200	7	25
CP3B2AFPL_G	L_Nodo3_G	1.200	15	25
L_Nodo3_G	L_Nodo4_G	1.200	14	25
L_Nodo4_G	L_Nodo5_G	1.200	6	25
L_Nodo5_G	L_Nodo6_G	1.200	14	25
L_Nodo6_G	L_Nodo7_G	1.200	8	25

Tabla 1.26 Blindobarra laboratorio SAI.

Origen	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad nominal blindobarra (A)
CP3B2AFPL_S	L_Nodo1_S	1.890	23	25
L_Nodo1_S	L_Nodo2_S	1.890	7	25
CP3B2AFPL_S	L_Nodo3_S	1.890	15	25
L_Nodo3_S	L_Nodo4_S	1.470	14	25
L_Nodo4_S	L_Nodo5_S	1.470	6	25
L_Nodo5_S	L_Nodo6_S	1.470	14	25
L_Nodo6_S	L_Nodo7_S	1.470	8	25

Al igual que el estudio de las blindobarras para los cuadros generales que parten de los diferentes bloques del sótano 1, se necesitan cables con pequeña longitud que salgan de los nodos de la blindobarra y lleguen a los diferentes cuadros de los laboratorios. En la tabla se exponen los datos fundamentales para los casos de red, grupo y SAI.

Tabla 1.27 Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra laboratorio.

Origen	Destino	Longitud (m)	Sección (mm ²)
Nodo 1	CP3B2L1	1	6
Nodo 2	CP3B2L2	1	6
Nodo 3	CP3B2L3	1	6
Nodo 4	CP3B2L4	1	6
Nodo 5	CP3B2L5	1	6
Nodo 6	CP3B2L6	1	6
Nodo 7	CP3B2L7	1	6

Resumen blindobarras instaladas

Como ya hemos observado se han dimensionado las blindobarras para los casos de distribución desde red y embarrado de los cuadros generales del sótano y desde red, grupo y SAI del cuadro principal de alumbrado y fuerza de plantas(en este caso el de planta 3, bloque 2) a los laboratorios.

En la siguiente tabla resumen se mostrarán los datos fundamentales para la instalación de estas blindobarras

y su valoración económica. Se incluirá la intensidad nominal, el número de cajas de derivación que debe instalarse en cada blindobarra (una por nodo), el poder de corte normalizado necesario para el interruptor de la blindobarra y la longitud total necesaria. Cabe mencionar que todos los tramos analizados cumplen sobradamente con el criterio de caída de tensión.

Tabla 1.28 Tabla resumen blindobarras.

Blindobarra	Intensidad nominal (A)	Longitud total (m)	Interruptor (kA)	Número cajas derivación
CGS1B1_RED	250	116	10	5
CGS1B1_GRUPO	100	106	3	4
CGS1B2_RED	1000	191	25	8
CGS1B2_GRUPO	160	189	3	7
CGS1B3_RED	800	89	22	5
CGS1B3_GRUPO	63	51	3	3
CGS1B4_RED	400	121	10	7
CGS1B4_GRUPO	160	111	4.5	6
CP3B2AFPL_RED	100	87	3	7
CP3B2AFPL_GRUPO	25	87	3	7
CP3B2AFPL_SAI	25	87	3	7

1.14 Conclusiones

El objeto de este estudio es valorar tanto técnica como económicamente la aplicación de blindobarras en un edificio, de uso no industrial, cuya instalación eléctrica se ha descrito en profundidad en el trabajo. Los dos aspectos mencionados se completan/complementan con un tercer aspecto que es los condicionantes propios de la instalación donde se incluyen tanto los aspectos operativos como los de mantenimiento.

Si analizamos los tres aspectos comentados se tiene:

- Desde un punto vista técnico:

Tal y como se ha expuesto en el Anexo de blindobarras, éstas poseen unas propiedades físicas mucho mejores que los cables convencionales en todos los ámbitos (menor peso, mejor acabado, carga de fuego reducida, gran capacidad de refrigeración, etc), así como unas características eléctricas que mejoran la calidad de la instalación (menor caída de tensión, más versatilidad, más flexibilidad, etc). Entre todas estas destaca la capacidad de las blindobarras para transmitir toda la potencia a lo

largo de su recorrido, pudiendo adaptarse a cambios o modificaciones sin necesidad de rediseñar la canalización.

Por tanto, desde un punto de vista técnico, el sistema de blindobarras es superior al basado en la alimentación mediante líneas independientes con cables. Por ello, se puede optar por la implantación de blindobarras como posibilidad para la distribución en zonas en las que el suministro tiene un largo recorrido, pasando por casi todas las plantas en el caso de los cuadros generales del sótano.

- En cuanto a los aspectos económicos:

Como se ha expuesto, el principal motivo por el que no suele instalarse este sistema de distribución radica en su elevado coste de inversión frente al de los cables. Esta circunstancia se ha visto ratificada con lo expuesto en el Anexo de mediciones y presupuestos, donde se ha comprobado que, para todos los casos analizados (líneas principales de distribución a plantas y alimentación a laboratorios) es más costosa la instalación de blindobarras.

Por tanto, a pesar de las ventajas técnicas, los condicionantes económicos derivados del mayor coste de inversión pueden determinar que se opte por la decisión más económica que sería la del uso de líneas independientes con cables.

No obstante, en el caso de las instalaciones industriales el coste global no se mide solo por el de inversión sino que también se contabilizan los de mantenimiento. En una instalación industrial, el tener que realizar la instalación de un nuevo equipo se puede llevar a cabo, en el caso de blindobarras, sin afectar al funcionamiento de la instalación ya que la colocación de una nueva caja de derivación, línea y conexión del nuevo equipo se puede ejecutar con la blindobarra en tensión. Sin embargo, con líneas independientes sería necesario programar una parada de la instalación para la colocación en el cuadro de la nueva línea. Por tanto, el coste asociado con una parada de la instalación puede superar, con mucho, el sobrecoste inicial de inversión y, por tanto, puede ser más rentable la instalación de blindobarras.

En nuestro caso, al ser el uso del edificio de tipo docente, las líneas que podrían estar sujetas a cambios de potencia, durante la vida del edificio, serían las líneas de alimentación a los laboratorios.

Por tanto, en los casos de estudio, desde un punto de vista económico es cuestionable la ventaja de utilizar blindobarras frente a líneas independientes de cables.

- Condicionantes propios de la instalación:

Pese a contar con todas las evidentes ventajas de índole eléctrica, hay un factor determinante que puede jugar en contra e incluso evitar la colocación de blindobarras: la posible presencia de agua en la instalación. Este elemento siempre ha sido uno de los mayores enemigos a la hora de implantar cualquier sistema eléctrico en el que tenga cierta influencia ya que puede ocasionar tanto cortocircuitos

como derivaciones que pondrían en riesgo tanto la seguridad física, la más importante, como la funcional de la instalación.

Como se ha comentado, desde los cuadros generales del sótano se alimentan numerosos cuadros que se encuentran en diferentes plantas del edificio, por lo que la instalación de distribución de energía eléctrica a colocar ha de subir varios niveles. Estas subidas de planta, tal y como se observa en los diferentes planos, se encuentran a la intemperie, por lo que están completamente expuestas a las condiciones ambiente. Este hecho puede provocar condensaciones por la noche, ya que a estas horas no hay circulación de corriente y, por tanto, las blindobarras se enfrían, pudiendo sufrir los efectos de estas heladas y condensaciones.

Este problema, no existe si se utilizan líneas independientes con cables ya que estas disponen del correspondiente aislamiento que elimina los efectos del agua y las condensaciones por bajas temperaturas.

Como conclusión más relevante de todo lo expuesto, y a pesar de que puede existir un razonable equilibrio entre los aspectos técnicos y los económicos, los problemas derivados de los condicionantes propios de la instalación desaconsejan, para el caso de estudio, el uso de un sistema de blindobarras.

Por último, no querría terminar el trabajo sin antes exponer una conclusión personal de lo que ha supuesto la realización de este estudio. El hecho de aceptar este proyecto ha sido para mí un reto, ya que los estudiantes estamos acostumbrados al formato clase y examen, sin desarrollar en muchas de las ocasiones un trabajo de investigación propia, limitándose a la lectura y aprendizaje de los apuntes ya realizados. A esto se le une la dificultad de que el tema de trabajo no había sido tratado en anterioridad, suponiendo por lo tanto un reto interesante y enriquecedor para mí.

Ambas dificultades han hecho desarrollar en mi persona competencias que antes no habían sido explotadas, como por ejemplo la comprensión del cálculo de una instalación eléctrica de baja tensión con todos sus componentes, el descubrimiento de nuevos sistemas de distribución como las blindobarras o la habilidad en el manejo de herramientas de cálculo como Microsoft Excel. Todo esto ha favorecido la realización de este estudio con un análisis amplio y documentado, llegando así a mejorar y perfeccionar aptitudes tanto personales como académicas.

Anexo de cálculo

A.1 Introducción

En este anexo se pretende detallar el método de cálculo utilizado para el diseño y resolución de una instalación eléctrica, basándose principalmente en el cumplimiento del Reglamento Eléctrotécnico de Baja Tensión (REBT) y las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias (ITCs), según el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba dicho reglamento, el cual establece las normas y condiciones técnicas que han de reunir las instalaciones eléctricas conectadas en baja tensión.

A.2 Herramienta de cálculo

Para lograr el propósito introducido, se ha optado por desarrollar una hoja de cálculo antiguamente creada y mejorarla, mediante el programa Microsoft Excel. La decisión de uso de esta herramienta de cálculo radica en la sencilla comprensión de los cálculos internos, elaborados de forma propia, pudiendo adaptarse así a los requisitos impuestos por el reglamento.

Existen numerosos Software de cálculo de instalaciones eléctricas de baja tensión (BTwin, Dialux, Elec Calc, etc), los cuales aportan potencialidades evidentes. La mayoría de estos programas tienen un buen funcionamiento y una interfaz fácil de usar. Sin embargo, ninguno muestra de forma detallada los cálculos realizados internamente, por lo que el nivel de detalle y comprensión de la instalación en su conjunto se hace complicado.

Además, el hecho de utilizar una hoja de cálculo elaborada en Excel aporta más flexibilidad a la hora de visualizar las operaciones realizadas y corregir posibles errores fácilmente localizables. Si introduyéramos datos erróneos de manera involuntaria en cualquier Software desarrollado, podríamos incurrir en problemas

como el sobredimensionamiento. Estos errores son difícilmente detectables y por lo tanto el técnico competente en su revisión podría pasarlos por alto, provocando una subida en el precio de la instalación o incluso fallos más graves.

Otra de las ventajas de las hojas de cálculo es que son totalmente modificables, por lo que están sometidas a una continua evolución y mejora, pudiendo proponer el usuario el método que se adapte mejor al REBT junto con una interfaz creada a su gusto que facilite la comprensión del documento.

Cabe señalar que el programa Microsoft Excel ofrece una muy buena capacidad de gestión de datos. Esto ayudará a introducir la gran cantidad de fórmulas necesarias de manera simple, expandiendo el patrón a cada operación idéntica a la anterior. La división del documento en varias hojas nos facilitará la lectura, ya que esto creará una distinción entre las tablas a utilizar y los cálculos de las diferentes partes de la instalación. En los apartados posteriores se explicará detalladamente las diferentes hojas del documento completo y para qué se emplea cada una de ellas.

A.3 Definiciones

Antes de comenzar el desarrollo de la hoja de cálculo, resulta conveniente definir algunos de los conceptos más importantes para facilitar la posterior comprensión de los mismos. Estas definiciones se encuentran en la ITC-BT-01 del REBT y se expondrán en orden alfabético.

- **Bandeja:** Material de instalación constituido por un perfil, de paredes perforadas o sin perforar, destinado a soportar cables y abierto en su parte superior.
- **Cable:** Conjunto constituido por:
 - Uno o varios conductores aislados
 - Su eventual revestimiento individual
 - La eventual protección del conjunto
 - El o los eventuales revestimientos de protección que se dispongan

Puede tener, además, uno o varios conductores no aislados.

- **Cable multiconductor:** Cable que incluye más de un conductor, algunos de los cuales puede no estar aislado.
- **Cable unipolar:** Cable que tiene un solo conductor aislado.
- **Canal:** Recinto situado bajo el nivel del suelo o piso y cuyas dimensiones no permiten circular por él y que, en caso de ser cerrado, debe permitir el acceso a los cables en toda su longitud.
- **Canalización eléctrica:** Conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos y los elementos que aseguran su fijación y, en su caso, su protección mecánica.

- Canalización eléctrica prefabricada ¹: También conocida como blindobarra. Canal formado por una lámina metálica que contiene barras de aluminio o cobre con el propósito de conducir una determinada corriente eléctrica. Constituye una alternativa a los cables convencionales para la distribución de la energía eléctrica.
- Circuito: Un circuito es un conjunto de materiales eléctricos (conductores, apartamentas, etc.) de diferentes fases o polaridades, alimentadas por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobreintensidades por el o los mismos dispositivos de protección. No quedan incluidos en esta definición los circuitos que formen parte de los aparatos de utilización o receptores.
- Conducto: Envolvente cerrada destinada a alojar conductores aislados o cables en las instalaciones eléctricas, y que permiten su reemplazamiento por tracción.
- Conductor de protección: Conductor requerido en ciertas medidas de protección contra choques eléctricos y que conecta alguna de las siguientes partes:
 - Masas
 - Elementos conductores
 - Borne principal de tierra
 - Toma de tierra
 - Punto de la fuente de alimentación unida a tierra o a un neutro artificial.
- Conductor neutro: Conductor conectado al punto de una red y capaz de contribuir al transporte de energía eléctrica.
- Contacto directo: Contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos.
- Contacto indirecto: Contacto de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento.
- Corriente admisible permanente: Valor máximo de la corriente que circula permanentemente por un conductor, en condiciones específicas, sin que su temperatura de régimen permanente supere un valor especificado.
- Corriente de defecto o de falta: Corriente que circula debido a un defecto de aislamiento.
- Factor de simultaneidad: Relación entre la totalidad de la potencia instalada o prevista, para un conjunto de instalaciones o de máquinas, durante un período de tiempo determinado, y las sumas de las potencias máximas absorbidas individualmente por las instalaciones o por las máquinas.

¹ Este definición no está recogida en el reglamento

- Instalación de puesta a tierra: Conjunto de conexiones y dispositivos necesarios para poner a tierra, individual o colectivamente, un aparato o una instalación.
- Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.
- Interruptor automático: Interruptor capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio, o de establecer e interrumpir automáticamente, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito.
- Interruptor diferencial: Aparato electromecánico o asociación de aparatos destinados a provocar la apertura de los contactos cuando la corriente diferencial alcanza un valor dado.
- Potencia prevista: Potencia máxima capaz de suministrar una instalación a los equipos y aparatos conectados a ella, ya sea en el diseño de la instalación o en su ejecución, respectivamente.
- Puesta a tierra: Unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora (metálica) no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.
- Resistencia de puesta a tierra: Relación entre la tensión que alcanza con respecto a un punto a potencial cero una instalación de puesta a tierra y la corriente que la recorre.
- Tensión nominal: Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y, para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión compuesta.
- Tierra: Masa conductora de la tierra en la que el potencial eléctrico en cada punto se toma, convencionalmente, igual a cero.
- Toma de tierra: Electrodo, o conjunto de electrodos, en contacto con el suelo y que asegura la conexión eléctrica con el mismo.

A.4 Consideraciones previas

La instalación que se va a resolver se trata de un edificio con fines académicos, compuesto por una nave y el edificio, con 5 plantas y 2 alturas de sótano, por lo que se va a disponer de una gran cantidad de cuadros. La probabilidad de introducir blindobarras en alguno de los tramos de la instalación va a ser contemplada en este "libro" o "documento" de cálculo.

Según el REBT se trata pues de una instalación tipo básica (IBTB). La energía eléctrica suministrada será alterna trifásica, con tensión nominal de 400 V para trifásico y 230 V en monofásico, frecuencia de 50 Hz. Hay que tener en cuenta que se van a utilizar tres tipos de alimentación:

- Red de distribución: Llega a la instalación a través de la acometida y el centro de transformación, proveniente de la compañía eléctrica suministradora, que se hará cargo de la cesión de energía eléctrica. Se trata de la alimentación más importante ya que tanto la nave como el edificio (Fuerza, alumbrado, climatización) estarán abastecidos por la red.
- Grupo electrógeno: se trata de una máquina que mueve un generador eléctrico gracias a un motor de combustión interna. Se utiliza como complemento para garantizar el suministro eléctrico en la instalación completa. Se utilizará para alimentar la nave y la fuerza y alumbrado del edificio.
- Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI): dispositivo electrónico capaz de proporcionar energía eléctrica a los dispositivos conectados durante un corte de suministro, gracias a sus baterías o acumuladores. Se coloca en lugares más específicos de la instalación, ya que alimenta solo a parte de ella. Alimentará ocasionalmente la nave y la fuerza y alumbrado del edificio.

A.5 Criterios de dimensionamiento de los conductores

El objetivo principal del documento de cálculo presentado es el cálculo de la sección de los cables o blindobarras de los diferentes tramos de nuestra instalación. Para cumplir esto, empezaremos por introducir los tres criterios que, según el REBT, ha de cumplir cualquier canalización que queramos dimensionar en baja tensión.

- Criterio térmico: Con los factores de corrección de cada tipo de cable y la intensidad nominal se calculará, gracias a las tablas incluidas en el REBT, las secciones de los conductores, teniendo en cuenta que la intensidad permitida ha de ser mayor que la calculada como nominal, ya que la temperatura del cable nunca debe traspasar la máxima admisible para cada aislamiento.
- Criterio de caída de tensión: Mediante una serie de magnitudes (longitud, potencia, temperatura...) se dimensionará el conductor de manera que la caída de tensión en el tramo en el que se sitúa sea inferior a la establecida por el reglamento. Este criterio es muy importante en líneas largas y, sobre todo, en blindobarras.
- Criterio de cortocircuito: los conductores han de soportar durante un instante determinado la intensidad que circule debido a una falta, por lo que se calculará el hipotético valor máximo de ésta y se comprobará que para una determinada sección no se producirá ningún daño. Este criterio no tiene gran importancia en instalaciones de este tipo, ya que las protecciones son capaces de despejar la falta en muy poco tiempo y por lo tanto los componentes no sufren por esta causa.

En caso de que hayamos obtenidos diferentes secciones para los distintos criterios, la sección que finalmente elegiremos para el tramo será la mayor de todas las obtenidas, ya que esta cumplirá con todos los criterios y por tanto, aseguraremos el buen comportamiento de la instalación.

Además de los citados criterios técnicos para hallar la sección de los conductores, es conveniente aplicar el llamado criterio económico, que parte de la sección obtenida por la utilización de los anteriores criterios y tiene en cuenta el coste operativo que suponen las pérdidas por disipación de calor debido a la resistencia, comúnmente llamadas pérdidas Joule.

Su objetivo es, pues, la optimización del coste total de la instalación, que resulta de la suma del coste inicial de la inversión (a mayor sección, mayor coste) y el coste operativo (a mayor sección, menor resistencia y menores pérdidas Joule). La aplicación de este criterio también tiene carácter medioambiental, pues al reducir las pérdidas caloríficas, se reducen las emisiones de CO_2 . Este criterio se justifica gráficamente con la figura A.1, cedida por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

A.6 Fórmulas de cálculo

A.6.1 Introducción

A continuación se expondrán todas las fórmulas aplicadas en la hoja de cálculo para resolver la instalación. Se ha seguido como guía el anexo ofrecido por el REBT para el cálculo de caídas de tensión y de cortocircuito. Comenzaremos por presentar las fórmulas más sencillas, a través de las cuales se conseguirá desarrollar el resto de expresiones. El problema del dimensionamiento ha de solucionarse cumpliendo los criterios

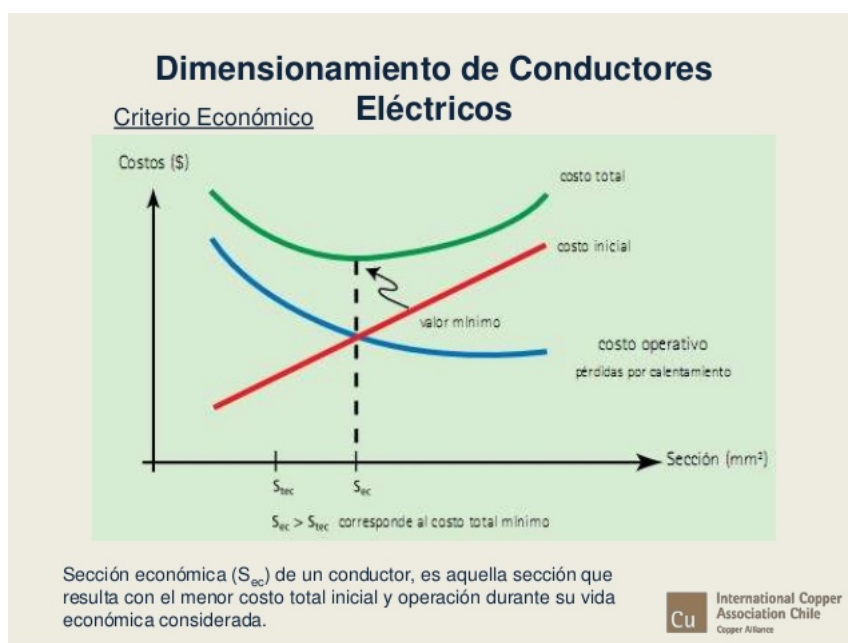


Figura A.1 Criterio económico.

expuestos en el apartado A.5.

A.6.2 Fórmulas básicas

Antes de comenzar a desarrollar las fórmulas correspondientes a los criterios tomados en la hoja de cálculo para el dimensionamiento de la instalación, resulta conveniente introducir algunas fórmulas muy comunes que nos serán de utilidad para completar cálculos posteriores.

Una de las magnitudes más importante a la hora de resolver cualquier instalación es la potencia, la cual se preverá para todos los cuadros y cargas y será utilizada para la mayoría de nuestras operaciones. Para el caso trifásico:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi \quad (\text{A.1})$$

donde:

- P: Potencia activa trifásica transportada (W)
- U: Tensión de línea (en este caso 400 V) (V)
- I: Intensidad de circulación (A)
- φ : Ángulo de desfase entre tensión e intensidad (grados)

Para hallar la potencia monofásica:

$$P = U \times I \times \cos\varphi \quad (\text{A.2})$$

donde:

- P: Potencia activa monofásica transportada (W)
- U: Tensión de línea (en este caso 230 V) (V)
- I: intensidad de circulación (A)
- φ : Ángulo de desfase entre tensión e intensidad (grados)

Una vez introducidas estas ecuaciones, la intensidad podrá ser calculada simplemente despejándola. Otra magnitud de importancia es la Potencia Aparente, que engloba a la potencia activa (P) y la reactiva (Q).

$$S = \sqrt{3} \times U \times I \quad (\text{A.3})$$

ó

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (\text{A.4})$$

Para calcular el valor del módulo, basta con: $S = \frac{P}{\cos\varphi}$ donde:

- S: Potencia aparente (VA)

Ahora que conocemos el valor de la potencia aparente, resulta sencillo hallar la intensidad de circulación por la carga. Dependiendo de si el caso es trifásico o monofásico:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} \quad (\text{A.5})$$

donde la intensidad es trifásica y la tensión son 400 V.

$$I = \frac{S}{U} \quad (\text{A.6})$$

donde la intensidad es monofásica y la tensión son 230 V.

Para finalizar esta sección, cabe recordar que la mayoría de magnitudes que hemos definido irán multiplicadas por una serie de factores, dependiendo del tipo de carga o de circuito, los cuales explicaremos más adelante.

A.6.3 Baterías de condensadores y energía reactiva

En nuestra instalación se planteará la instalación de baterías de condensadores para compensar la energía reactiva transportada en el sistema y subir así el rendimiento. Para conocer el valor de la potencia reactiva necesaria utilizada por la batería de condensadores, recurrimos al triángulo de potencias, para dos valores diferentes del ángulo de desfase, como se muestra en la figura A.2.

Comprobamos que al colocar los condensadores, la potencia reactiva se reduce al igual que la potencia aparente, manteniendo constante el valor de la potencia activa, que es el útil para la instalación. Del triángulo de potencias y empleando trigonometría se deduce la siguiente ecuación que muestra la potencia reactiva necesaria para dimensionar un condensador:

$$Q_c = P \times (tg\varphi - tg\varphi') \quad (\text{A.7})$$

A.6.4 Intensidad máxima admisible

A la hora de aplicar este criterio es crucial el dominio de las tablas, ya que según el tipo de canalización, el aislamiento, el material y en general las condiciones del tramo de la instalación debemos hallar, mediante la sección, una intensidad máxima permitida que nunca deberá ser superada por la intensidad de diseño calculada para el tramo. Así:

$$I_{max} \geq \frac{I_{calc}}{\prod f_i} \quad (\text{A.8})$$

A.6.5 Caída de tensión

La caída de tensión en los conductores se debe a una pérdida de potencia transportada al circular una intensidad por el mismo. Esta diferencia de voltaje tiene que ser menor que los límites establecidos en el REBT, para asegurar el correcto funcionamiento de los receptores alimentados por el cable, que deben recibir la energía eléctrica en condiciones óptimas.

Una vez más, el objetivo es hallar la sección mínima para la cual la caída de tensión calculada para la intensidad de diseño del circuito queda por debajo del límite permitido.

Para comenzar con la deducción de la fórmula utilizada en nuestra hoja de cálculo, supondremos el circuito equivalente de una línea corta (<50 km), con una resistencia R y una inductancia jX . Al circular una intensidad se crea una diferencia de tensiones tal y como se indica en el diagrama de la figura A.3.

Como se puede observar, el ángulo θ es muy pequeño, por lo que se puede suponer que la diferencia entre las dos tensiones es el tramo $AB+BC$. De esta suposición, se deduce la fórmula que posteriormente se desarrollará:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = AB + BC = R \times I \times \cos\varphi + X \times I \times \sin\varphi \quad (\text{A.9})$$

donde:

- U_1 : Tensión en el lado inicial del tramo (V)
- U_2 : Tensión en el lado final del tramo (V)
- R : Resistencia del conductor (depende de la temperatura) (Ω)
- X : Inductancia del conductor (Ω)
- φ : Ángulo de desfase entre tensión e intensidad (grados)

A partir de aquí, se distinguen dos casos en función de si nos encontramos con un circuito trifásico o monofásico (lo cual se indicará en la hoja de cálculo). Calcularemos las caídas de tensión en porcentaje, ya que resulta más esclarecedor que trabajar directamente con unidades.

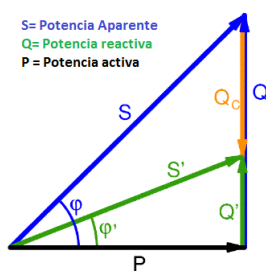


Figura A.2 Triángulo de potencias para dos valores de φ .

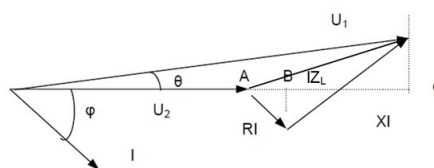


Figura A.3 Diagrama fasorial.

Caída de tensión monofásica

Para el caso monofásico, emplearemos la fórmula anteriormente descrita A.2 . Despejamos la intensidad y la sustituimos en la fórmula A.9, teniendo en cuenta tanto el conductor de ida como el de retorno:

$$\Delta U_{mon}(\%) = 2 \times (R + X \times tg\varphi) \times \left(\frac{P}{U_1}\right) \quad (A.10)$$

siendo:

- $\Delta U_{mon}(\%)$: Caída de tensión monofásica en porcentaje sobre U_1
- P: Potencia monofásica transportada (W)
- U_1 : Tensión monofásica al inicio del tramo (230 V)

Caída de tensión trifásica

Si nos encontramos con un circuito trifásico, basta con utilizar la fórmula A.1 y sustituir la intensidad en A.9. Realizados estos cambios se obtiene:

$$\Delta U_{tri}(\%) = (R + X \times tg\varphi) \times \left(\frac{P}{U_1}\right) \quad (A.11)$$

en la que:

- $\Delta U_{tri}(\%)$: Caída de tensión trifásica en porcentaje sobre U_1
- P: Potencia trifásica transportada (W)
- U_1 : Tensión trifásica al inicio del tramo (400 V)

Por tanto, de las anteriores fórmulas expuestas se puede deducir: $\Delta U_{tri} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \Delta U_{mon}$.

Cálculo de resistencias y reactancias del conductor

Para la obtención de la resistencia y la inductancia del conductor elegido influyen varios factores como el tipo de instalación con el que se trabaje o la temperatura del conductor, que variará en función de la intensidad que circule por el mismo. Por consiguiente, se debe tener cuidado a la hora de calcular ambas magnitudes ya que un fallo en ello derivará a fallos en la caída de tensión. Ambas magnitudes se calcularán en unidades de $\frac{\Omega \times mm^2}{m}$ para simplificar los cálculos. El método que utilizaremos en este libro de cálculo se expondrá a continuación.

La resistencia del conductor dependerá fundamentalmente del tipo de material conductor (Cobre o Aluminio), de la temperatura que alcance y del tipo de aislamiento que se utilice. Por tanto, nos encontramos

con la siguiente fórmula, que obtendrá la resistencia del conductor:

$$R_{T\text{°C}} = c \times \rho_{20} \times (1 + \alpha \times (T - 20)) \quad (\text{A.12})$$

donde:

- $R_{T\text{°C}}$: Resistencia del conductor a la temperatura de trabajo.
- c : Factor que contempla el incremento de la resistencia debido al efecto piel y al efecto proximidad ($1+Y_s+Y_p$). Para instalaciones de enlace e interiores es factible suponer 1.02.
- ρ_{20} : Resistividad del conductor a 20 °C. Tendrá un valor distinto para cobre o aluminio.
- α : Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C-1. De nuevo variará entre cobre o aluminio.
- T : Temperatura del conductor en °C.

De la fórmula A.12 falta por calcular el valor de la temperatura del material, este depende de su temperatura máxima debido al aislamiento y de la intensidad que circule por el conductor. El resto de valores están definidos para los diferentes casos. Obtenemos pues la siguiente ecuación:

$$T = T_{amb} + (T_{max} - T_{amb}) \times \left(\frac{I}{I_{max}} \right)^2 \quad (\text{A.13})$$

en la que:

- T : Temperatura del conductor en °C.
- T_{amb} : Temperatura ambiente del cable. 40°C si está al aire o 25°C si está enterrado.
- (T_{max}) : Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento. 90°C para XLPE y 70°C para PVC.
- I : Intensidad calculada prevista para el conductor.
- I_{max} : Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación. Calculada tal y como se indica en el apartado A.11.5.

Habiendo calculado previamente la resistencia del conductor con el que estamos trabajando, se procede a hallar la reactancia de manera simplificada y utilizando la resistencia calculada. La reactancia depende del diámetro y de la separación de los conductores, es decir, de la disposición geométrica del material. Al igual que en la resistencia, se calculará en unidades de $\frac{\Omega \times mm^2}{m}$.

Para las líneas aéreas trenzadas es sensiblemente constante con un valor de $X=0.1 \Omega/km$. Sin embargo, en el caso de las instalaciones interiores y subterráneas hay una gran variedad de formas geométricas, por

lo que, realizando una serie de hipótesis simplificativas, se llega, según el REBT a los siguientes valores aproximados:

- Si la sección del conductor $S \leq 120\text{mm}^2$: $X=0$
- Si $S = 150\text{mm}^2$: $X = (0.15 \times R)/n^2$
- Si $S = 185\text{mm}^2$: $X = (0.2 \times R)/n$
- Si $S = 240\text{mm}^2$: $X = (0.25 \times R)/n$

Caída de tensión en blindobarras

Otro de los casos más interesantes en la hoja de cálculos presentada es el cálculo de la caída de tensión, ya que es el único criterio a aplicar para el caso de este tipo de canalizaciones.

Para el cálculo de resistencias y reactancias, nos encontramos con una tabla de características técnicas, dadas por el fabricante (en este caso Schneider), que se hallan en la hoja "REBT" del documento y que aportan los valores que caracterizan la impedancia (en Ω/m) para cada tipo de blindobarra y según la intensidad que circule por ellas. Por tanto, podemos obtener fácilmente dichos valores acudiendo a la tabla mencionada y multiplicando por la longitud del tramo para obtener la resistencia y reactancia directamente en Ω .

Queda solamente aplicar la fórmula A.9 para obtener la caída de tensión del tramo de blindobarra con el que estamos trabajando, sin olvidar la acumulación de dicha caída, fruto del paso de la corriente por otros tramos anteriores. La fórmula utilizada es:

$$\Delta U_{blindo}(\%) = 100 \times \frac{I_{calc}}{U_1} \times \sqrt{3} \times (R \times \cos\varphi + X \times \sin\varphi) \quad (\text{A.14})$$

en la que:

- $\Delta U_{blindo}(\%)$: Caída de tensión en la blindobarra en un tramo determinado.
- I_{calc} : Intensidad nominal calculada para dicho tramo.
- U_1 : Tensión trifásica en el tramo (400 V).
- R: Resistencia de la blindobarra en el tramo.
- X: Reactancia de la blindobarra en el tramo.
- φ : Ángulo de desfase entre tensión e intensidad.

² se llama n al número de conductores por fase

Fórmula final

Una vez obtenidos todos los valores necesarios para realizar el cálculo de la caída de tensión en un tramo cualquiera, procedemos a sintetizar las ecuaciones A.10, A.11, A.12 y A.13 para llegar a la ecuación que finalmente se aplica en nuestra hoja de cálculo, donde, para una sección dada, en el caso monofásico:

$$\Delta U_{mon}(\%) = 100 \times \frac{P \times L}{U_{mon} \times S} \times (R + X \times \tan \varphi) \quad (\text{A.15})$$

en la que:

- $\Delta U_{mon}(\%)$: Caída de tensión monofásica en el tramo .
- P: Potencia transportada a lo largo del tramo (W).
- L: Longitud del tramo (m).
- U_{mon} : Tensión monofásica del tramo (230 V).
- R: Resistencia del conductor ($\frac{\Omega \times mm^2}{m}$).
- X: Reactancia del conductor ($\frac{\Omega \times mm^2}{m}$).
- S: Sección del conductor (mm^2).

Si nos encontramos con un circuito trifásico:

$$\Delta U_{tri}(\%) = 100 \times \frac{P \times L}{U_{tri} \times S} \times (R + X \times \tan \varphi) \quad (\text{A.16})$$

donde:

- $\Delta U_{tri}(\%)$: Caída de tensión trifásica en el tramo.
- P: Potencia transportada a lo largo del tramo (W).
- L: Longitud del tramo (m).
- U_{tri} : Tensión trifásica del tramo (400 V).
- R: Resistencia del conductor ($\frac{\Omega \times mm^2}{m}$).
- X: Reactancia del conductor ($\frac{\Omega \times mm^2}{m}$).
- S: Sección del conductor (mm^2).

A.6.6 Corrientes de cortocircuito

El último de los criterios en el que nos basaremos para el dimensionamiento de los conductores es el de cortocircuito, pese a ser este menos importante que el resto, como se ha mencionado en el apartado A.5

debido a la rapidez de actuación de las protecciones, resulta fundamental para elegir qué aparamenta colocar de la manera más conveniente posible, siendo esta segura y económica en la medida de lo posible.

El primer paso para el cálculo de la intensidad de cortocircuito consiste en el cálculo de la resistencia y reactancia de los conductores. Como la impedancia va en el denominador en el caso del cálculo de cualquier intensidad y el valor de la resistencia aumenta con su temperatura, vamos a operar con la temperatura de 20°C (mínima posible), para así obtener el módulo de la corriente lo más grande posible y asegurarnos con ello un funcionamiento seguro de las protecciones. Dicho esto, se aplicará la fórmula que define la resistencia de cualquier material a partir de la longitud, la sección y su resistividad:

$$R_{20^{\circ}C} = \rho_{20^{\circ}C} \times \frac{L}{S} \quad (A.17)$$

donde:

- $R_{20^{\circ}C}$: Resistencia del conductor a 20°C (Ω).
- $\rho_{20^{\circ}C}$: Resistividad del conductor a 20°C (diferente para aluminio o cobre) ($\Omega \times m$)
- L: Longitud del tramo en el que se encuentra el conductor (m).
- S: Sección del conductor (m^2).

La siguiente operación es calcular la reactancia en el tramo en (Ω), para lo cual, conociendo ya toda la casuística expuesta en el apartado A.6.5 habrá que limitarse a multiplicar dicha reactancia por su longitud y dividirla por su sección para utilizarla en el cálculo de la corriente de cortocircuito en Ω .

$$X_{cc} = X_{calc} \times \frac{L}{S} \quad (A.18)$$

donde:

- X_{cc} : Reactancia del conductor en el tramo (Ω).
- X_{calc} : Reactancia calculada anteriormente ($\frac{\Omega \times mm^2}{m}$).
- L: Longitud del tramo en el que se encuentra el conductor (m).
- S: Sección del conductor (m^2).

Para el cálculo tanto de la resistencia como de la reactancia acumulada, hay que tener en cuenta la red y el transformador, ya que estos también forman parte del circuito, por lo que contribuyen en la corriente de cortocircuito. La resistencia de cortocircuito de dichos elementos es despreciable en comparación con su reactancia, por tanto:

$$X_{cctrafo} = \frac{\epsilon_{cc} \times U_{tri}^2}{100 \times S_{cc}} \quad (A.19)$$

donde:

- X_{ccrafo} : Reactancia de cortocircuito del transformador (Ω).
- ε_{cc} : Tensión de cortocircuito del transformador (%).
- U_{tri} : Tensión trifásica (400 V).
- S_{cc} : Potencia del transformador (VA).

$$X_{ccred} = \frac{U_{tri}^2}{S_{cc} \times 10^6} \quad (A.20)$$

donde:

- X_{ccred} : Reactancia de cortocircuito de la red (Ω).
- U_{tri} : Tensión trifásica (400 V).
- S_{cc} : Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

Aplicando el mismo patrón que en el caso de la caída de tensión, sumamos las resistencias y reactancias calculadas en el tramo y los anteriores valores desde la red a la carga, para obtener así la impedancia total que utilizaremos en el cálculo de la corriente de cortocircuito, contando con las reactancias calculadas para red y transformador.

Por último, se procederá a la obtención de la intensidad de cortocircuito para el tramo con la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{U_{tri}}{\sqrt{3} \times \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}} \quad (A.21)$$

en la que:

- I_{cc} : Corriente de cortocircuito en el tramo (A).
- U_{tri} : Tensión trifásica (400 V).
- R_{cc} : Resistencia del conductor en el tramo (Ω).
- X_{cc} : Reactancia del conductor en el tramo (Ω).

A.7 Parámetros iniciales

Lo primero que nos encontramos en nuestra hoja de cálculo es con una tabla que engloba a los coeficientes más importantes y utilizados en todo el documento, que están definidos para el caso de nuestra instalación. Los valores que aquí se exponen son fijos porque describen la instalación de manera global. La mayoría de estos valores están determinados por la normativa mostrada en el REBT. Los más destacables son:

- Factor de potencia $\cos\phi$: Aporta una medida de la capacidad de la carga de absorber potencia activa, por lo que mientras más se acerque a la unidad, mayor rendimiento y aprovechamiento de la energía eléctrica tendrá el circuito. Para las líneas que alimentan lámparas incandescentes, el valor será la unidad, debido a que son cargas puramente resistivas. Para lámparas de descarga, el factor de potencia ha de ser superior o igual a 0.9, compensándolo en caso de que se encuentre por debajo. Por último, para la alimentación de enchufes y motores se utilizará el factor de potencia global de la instalación (tabla coeficientes), que, al no tener indicación alguna, se ha supuesto un valor de 0.85.
- Resistividad del conductor a 20°C $\rho_{20^\circ\text{C}}$: Característica del material que servirá para definir su resistencia, para una longitud y una sección dada. Dependerá de si el material es cobre o aluminio y es un parámetro fijo que se utilizará para el cálculo de las resistencias de los diferentes tramos.
- Coeficiente variabilidad de resistividad α : Coeficiente que indica cómo incrementa la resistividad cuando lo hace la temperatura. Se aprecia un ligero cambio en el caso de cobre o aluminio, ambos parecido a $0.004\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.
- Temperatura máxima de aislamiento ($^\circ\text{C}$): Es la temperatura máxima que puede soportar el cable en condiciones normales de funcionamiento. Depende del tipo de aislamiento que se elija para cada canalización, marcando 70 $^\circ\text{C}$ en el caso de aislamiento termoplástico (PVC) y 90 $^\circ\text{C}$ para aislamiento termoestable (XLPE, EPR).
- Temperatura ambiente del cable ($^\circ\text{C}$): Este factor está marcado por el tipo de cable que utilicemos, si bien está al aire, la temperatura estándar según el REBT será de 40 $^\circ\text{C}$, pudiendo variar si se aplican factores de corrección. Si el cable está enterrado, su temperatura ambiente normalizada será de 25 $^\circ\text{C}$. Dichas temperaturas, servirán como base para establecer la temperatura final a la que se encuentra la canalización, y por tanto, su resistencia.
- Tensión monofásica o trifásica (V): Se trata de la tensión de servicio nominal en corriente alterna a la que trabajará la instalación. Estas tensiones están normalizadas por el REBT y son 230 V para circuito monofásico y 400 V para circuitos trifásicos. Teniendo en cuenta que $V_{tri} = \sqrt{3} \times V_{mono}$. Es uno de los parámetros más importantes en nuestra instalación.
- Coeficiente intensidad nominal de condensadores: Factor que se aplica a los aparatos de mando y protección de los condensadores, y por tanto, a cualquier carga a la que vaya conectada un condensador. Según el REBT, deberá soportar de 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal del condensador. Dicho coeficiente se aplica debido a los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades.
- Datos de la red y del transformador: En este apartado se incluyen los datos aportados por la compañía distribuidora y que nos servirán para cálculos de cortocircuito, ya que obtendremos la reactancia de la red y del transformador, a través de valores como la potencia aparente de cortocircuito de la red,

la potencia aparente del transformador, la tensión de cortocircuito del transformador y el número de transformadores en paralelo.

- Caídas de tensión permitidas por el REBT: Ningún tramo podrá exceder estas caídas marcadas, que dependen de la carga que esté conectada. Se marcará un límite de 4.5 % para alumbrado y un 6.5 % para fuerza.

A.8 Componentes de la instalación

Para comenzar a trabajar con nuestra hoja de cálculo, hay que conocer qué elementos constituyen la instalación y cuál es la función de cada uno de ellos. En este caso particular, aparecen los siguientes componentes principales:

- **Canalizaciones:** Destinadas a alojar y proteger a los conductores eléctricos a lo largo de la instalación eléctrica. La normativa recoge una multitud de opciones (bandeja, al aire, enterrado...) para satisfacer las condiciones y necesidades de la instalación estudiada.
- **Cables:** Son los encargados de transportar la energía eléctrica, desde el punto inicial (CT) hasta los diversos puntos de consumo. Pueden ser rígidos o flexibles, para tensiones nominales de hasta 1000 V para baja tensión, contruidos con cobre o aluminio y con diferente aislamiento (PVC o XLPE). Se elegirá uno u otro dependiendo de la aplicación que se le atribuya.
- **Cuadros eléctricos (aparamenta y envolvente):** En los cuadros de baja tensión de la instalación se conectarán los diferentes elementos y aparatos que permiten la protección, mando y distribución de los diferentes circuitos para una tensión de servicio de 400/230 V. Servirán como puntos de división para la hoja de cálculo.
- **Receptores de la instalación:** Constituyen los puntos de consumo y por tanto el final de la instalación. Son tratados como cargas de diferentes tipos, las cuales exigirán un tipo de alimentación. Las más importantes son la luminaria, los motores, mecanismos...

A.8.1 Canalizaciones

Para baja tensión, la norma UNE 20460 recoge una amplia variedad de modos de instalación de las canalizaciones que albergan los cables, para el caso de instalaciones interiores.

Con motivo de satisfacer las diferentes circunstancias que pueden aparecer en la instalación nos encontramos con canalizaciones de sección circular (tubos), o rectangular (bandejas), metálicas o de material termoplástico, cerradas o ventiladas (bandejas), rígidas o flexibles (tubos). Se incluyen también en este tipo de elementos las cajas de derivación y paso, metálicas o de material termoplástico, empotrables o de superficie, así como los accesorios necesarios para su correcto montaje (curvas, empalmes, soportes...).

En la hoja de cálculo se emplean básicamente 6 tipos de instalación que satisfacen por completo todos los requisitos a cumplir. Estos están definidos en la tabla "Tipos de Instalación" y recogen toda la información relativa a las peculiaridades de cada tipo, para obtener finalmente el factor de corrección final (multiplicación de todos los factores de corrección) que se aplicará en el dimensionamiento de los conductores. Entre las características destacan, la forma de tendido (bandeja, escalera o tubo), la instalación (aire o enterrada), las propiedades del cable que alberga (Aislamiento, tipo, material y modelo) y todos los factores de corrección por agrupamientos, temperatura, etc que están marcados en el reglamento.

Los tipos de instalación utilizados son:

- Conductores unipolares aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.
- Cables unipolares sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical (con diferentes características).
- Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D.
- Conductores unipolares o multiconductores directamente enterrados bajo tubos.

Blindobarras

Por otro lado tendremos las canalizaciones eléctricas prefabricadas, que están programadas para ser utilizadas en alguna de las líneas de distribución de la instalación y cuyas características ya se han analizado. Las características técnicas de las mismas se toman del catálogo del fabricante Schneider, existiendo también una gran variedad de canalizaciones creadas para fines dispares. El cálculo de este tipo de canalizaciones está especificado en la parte de la hoja de cálculo "Cálculo de blindobarras".

A.8.2 Cables eléctricos

Son los encargados de transportar la energía eléctrica, de manera segura, eficiente y lo más económica posible. De nuevo nos encontramos con una amplia gama de cables que tienen diversas aplicaciones y cuya tensión nominal suele ser 0.6/1 kV o 450/750 V.

Los conductores pueden ser de tipo unipolar o multipolar. En los cables con secciones calculadas para multipolares, se pueden utilizar los unipolares, ya que estos soportan mayor intensidad admisible. La disipación térmica se ve perjudicada cuando una cubierta "abraza" varios conductores aislados. La decisión de optar por multipolares o unipolares depende de ciertos factores. Por ejemplo, cuando existe la posibilidad de confundir conductores de un circuito con los de otro se recomienda el uso de cables multiconductores, ya que cada cable contendrá los conductores de un solo circuito, diferenciados por colores. En secciones pequeñas también es común utilizar los multipolares.

Sin embargo, siguiendo las recomendaciones de Prysmian, por cuestiones de manipulaciones de cable (los cables multiconductores precisan de bobinas más voluminosas y pesadas y exigen mayor radio de curvatura) y de intensidad admisible utilizaremos en la hoja de cálculo cables unipolares.

La designación de los cables está normalizada para los de tensión 450/750 V, pudiendo identificar entre otras cosas la tensión nominal de aislamiento o el tipo de aislamiento. Para los de 0.6/1 kV no hay una denominación general normalizada, sino que cada norma define un criterio de designación. Los cables se dimensionan, tal y como hemos indicado, siguiendo los criterios de caída de tensión y de intensidad admisible.

A.8.3 Cuadros eléctricos

En la instalación aparecerán numerosos cuadros, desde el cuadro general de distribución (CGD) hasta cuadros secundarios ubicados en las diferentes plantas, pasando por el CGBT. Estos albergarán a numerosos elementos de protección y distribución. Podrán ser metálicos o de material termoplástico. Estos cuadros serán de gran utilidad para organizar la instalación eléctrica, ya que están colocados en función de las cargas a alimentar y de las diferentes plantas del edificio. En cada uno de los cuadros se incluyen:

- Envolvente (armario).
- Embarrados y regletas de conexión.
- Aparata de protección, mando y maniobra (interruptores de corte en carga, magnetotérmicos, diferenciales, fusibles, contactores, etc).
- Instrumentos de medidas (voltímetros, amperímetros, fasímetros o watímetros).
- Cableado interior.
- Pilotos de señalización.
- Elementos de identificación.

A.8.4 Receptores

Son los últimos elementos que nos encontramos en la instalación. Estos pueden ser de diferente índole y marcan la necesidad de alimentación de cada punto de conexión. Cada una de ellas tendrá diferente factor de potencia y diferentes coeficientes normalizados justificados en particularidades de cada carga.

En la parte de la hoja de cálculo dedicada a la carga se especifica el tipo de circuito (monofásico o trifásico), el tipo de carga a la que se va a alimentar, el número de cargas y subcargas asociadas a la principal y la potencia que estas requieren. Por lo tanto, para cada carga habrá unos coeficientes y un factor de potencia diferente.

- Lámparas incandescentes: Funcionan con factor de potencia unidad, ya que se trata de una carga puramente resistiva, además no se aplica ningún coeficiente de ampliación de potencia.
- Lámparas o tubos de descarga (fluorescentes, vapor de sodio, etc): Se aplica un factor de potencia de 0.9 según la ITC-BT-44.3.1 del REBT para un funcionamiento normal. Además, debido a sus

corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, su potencia aparente se considerará 1.8 veces la potencia en vatios de estas cargas. En caso de que el factor de potencia sea menor de 0,9, deberá compensarse individualmente cada carga, o en conjunto siempre que se disponga de un sistema de compensación variable que se adapte al régimen de carga.

- Enchufes: Se ha tomado el factor de potencia global de la instalación para este tipo de cargas.
- Motores: Los motores deben estar sobredimensionados a un 125 % de la intensidad a plena carga, siguiendo lo marcado en la ITC-BT-47 del REBT. El factor de potencia que utilizan será el global de la instalación. Siguiendo la ITC-BT-47.6, dependiendo de los diferentes ciclos de trabajo de los motores de la instalación, se podrá tener en cuenta la intensidad de arranque de los mismos, que está limitada en función de la potencia debido al calentamiento que esta intensidad provoca en los cables. Se entiende por intensidad de arranque la que corresponde a la intensidad nominal a plena carga multiplicada por el factor 1.3. Como nuestra instalación dispone de un propio centro de transformación, no es necesario el permiso de la compañía suministradora a la hora de alimentar motores con grandes sobreintensidades.
- Condensador: Como se indica en el apartado A.7 deben soportar de 1.5 a 1.8 veces la intensidad nominal, a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades. Las baterías de condensador se emplean para compensar la energía reactiva consumida, ya que en la mayoría de las ocasiones este gasto no resulta útil. Como hemos introducido, el factor de potencia global medio de la instalación es de 0.85, al instalar este tipo de receptores provocamos una subida en este factor para llegar a 0.95-1. Esto no es solo positivo a la hora de ahorrar energía inútil y mejorar por tanto el rendimiento de la instalación general, sino que además, al bajar la potencia reactiva, bajará también la potencia total aparente y esto hará que la intensidad que circula por los cables se vea reducida, mejorando así la seguridad de la instalación al circular menos energía de la prevista y dando estabilidad al sistema eléctrico. En función de la potencia total que consume la instalación y del factor de potencia deseado, podrá calcularse la batería de condensadores más idónea.
- Cuadros eléctricos: También actúan como receptores en la instalación, ya que son alimentados por otros cuadros y a la vez suministran energía a diferentes puntos de consumo, por lo que tienen que incluirse en los posibles receptores. Para calcular la potencia nominal que se le asigna a cada cuadro habrá que tener en cuenta todos los elementos a los que cede suministro y el factor de simultaneidad, cuya asignación depende de la experiencia del ingeniero.

A.9 Coeficiente de simultaneidad

Por último, en relación a los diversos factores empleados en la corrección de la potencia y de la intensidad de circulación, cabe destacar el coeficiente o factor de simultaneidad, que se define como el cociente entre la

potencia eléctrica máxima que puede entregar una instalación eléctrica, y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que pueden conectarse a ella. Por tanto, tomará diferentes valores en función del número de cargas que puedan estar conectadas a la vez a la red eléctrica. Para ello, se toman las siguientes consideraciones:

- La iluminación tendrá factor 1, ya que es muy posible que toda la instalación se ilumine al mismo tiempo.
- Las tomas de fuerza auxiliares, previstas para usos esporádicos, vendrán afectadas de un factor de simultaneidad indicado para cada punto de alimentación, con la precaución de no prever la suficiente potencia para alimentar las tomas.
- Para los servicios generales se tomará coeficiente 1 según REBT ya que estos son prioritarios y pueden funcionar con simultaneidad. En este grupo se incluyen ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes.
- Al resto de elementos de la instalación, como los cuadros eléctricos, se les asignará un coeficiente de simultaneidad acorde con la experiencia del ingeniero competente que resuelva la instalación, teniendo en cuenta la cantidad de elementos que pueden estar conectados simultáneamente, corrigiendo así la intensidad asignada a cada cuadro.

A.10 División de la instalación y codificación

La hoja de cálculo en estudio marca una clara división de la instalación eléctrica en varias partes a fin de esquematizar y simplificar la comprensión de los cálculos, así como la fácil identificación de cada uno de los cuadros a los que se hace referencia. Además esta división es fundamental ya que limita las consecuencias de defectos y facilita el ensayo y mantenimiento, según el artículo 16.2 del REBT.

La división principal la estableceremos con los nodos, los cuales albergarán los cuadros eléctricos, que a su vez alimentarán a cargas de diferente tipo o a otros cuadros. Cada nodo constituirá un embarrado que podrá ser alimentado por cualquiera de los suministros de energía definidos en el apartado A.4 o por varias de ellas simultáneamente, siempre y cuando los embarrados de cada uno de ellos queden perfectamente definidos y separados.

Los nodos constituyen la unidad fundamental que conforma la red y todos tienen una entrada y se derivan en varias salidas, es decir, en todos los nodos existe un cuadro anterior. Nos referimos como nodo origen de la instalación al CGBT, desde el cual partirán una serie de circuitos para alimentar otros cuadros de la instalación y algunos puntos de consumo específicos (batería de condensadores o blindobarras). Cada uno de estos cuadros tendrá adjudicadas una serie de receptores de muy diverso tipo. Se trata, pues, de dividir

en varias ramas hasta llegar a la carga final, empezando por el Centro de Transformación (CT) o Cuadro General de Distribución (CGD).

Para conectar los nodos entre sí y estos con las diferentes cargas se dimensionarán los diferentes circuitos siguiendo las especificaciones y los criterios ya introducidos.

A.10.1 Sistema de codificación

Para identificar claramente los elementos con los que estamos trabajando, en la hoja de cálculo se emplea un método para etiquetar las diferentes partes de la instalación. Este sistema nos indica el punto de origen del circuito, el tipo de alimentación que se le va a dar, el punto de destino del circuito así como si este elemento concreto se trata de una carga o un cuadro. Además, se define el embarrado con el que se está trabajando mediante el siguiente método:

- Si nos encontramos en el embarrado de red, se utilizará como nomenclatura al final de los cuadros con los que se trabaja una barra baja (—) seguida de una R. Por ejemplo: CGBT a CGS1B1_R. Esto quiere decir que el cuadro CGBT alimentará al CGS1B1 mediante el embarrado de red.
- Si el embarrado es de grupo eléctrico, se colocará al final de cada cuadro — y una G posterior. Por ejemplo: CGBT a CS2AFPK_G. En este ejemplo, el cuadro CGBT suministrará energía al CS2AFPK mediante el embarrado de grupo.
- Si se trabaja con el suministro SAI, se escribe una — y posteriormente la letra S. Por ejemplo: CGS1B1_—G a CP2AFSG_S. Este ejemplo indica que del embarrado de grupo del cuadro CGS1B1 sale una línea con suministro SAI hacia el cuadro CP2AFSG.

Con esta primera codificación y con la breve descripción que se introduce posteriormente al elemento origen y el elemento destino, conocemos claramente en qué tramo se encuentra la instalación, así como el tipo de alimentación utilizado.

En toda instalación se parte de un nodo origen, en nuestro caso será el CGBT, desde el cual la energía eléctrica se deriva a los cuadros principales de la instalación, que alimentan a su vez a otros cuadros secundarios, siguiendo así un sistema ramificado y un método deductivo de lo general a lo particular.

Tanto los cuadros como las cargas tendrán un código asociado identificativo, con una breve descripción.

Codificación de cuadros

En la hoja "Cuadros" se indica el código de cada cuadro, el cuadro que lo precede, su denominación, su ubicación, los embarrados que tiene y la intensidad de cortocircuito de cada embarrado, resaltando la mayor de ellas. De esta manera podremos conocer exactamente a qué cuadro nos estamos refiriendo. Se emplearán varias letras para situarlos e identificar el tipo de carga que alimentan:

- El primer dígito será siempre fijo, la letra "C", en referencia a que se está trabajando con un cuadro eléctrico
- El segundo dígito es opcional, y será la letra "G", que indica si estamos trabajando con un cuadro general u otro cuadro.
- El tercer y cuarto dígito identificarán la planta o la ubicación donde se encuentran en nuestra instalación. Utilizando la letra "P" para la planta, acompañado del número de planta, la letra "S" para sótano y la letra "C" para cubierta.
- El quinto y sexto dígito profundizarán en la ubicación exacta del cuadro, "NA" si se encuentra en la nave, "Bx" si está en el bloque número "x" (con x de 1 a 4).
- Los últimos dígitos se refieren al tipo de carga a los que alimenta el cuadro. Así pues, la letra "F" será fuerza y la letra "A" corresponderá a alumbrado.
- Para nombrar receptores especiales utilizaremos "R" para Rack, "L" para laboratorios, "PK" para parking o "B" para biblioteca y su respectivo número en caso de existir más de un emplazamiento. Esta denominación irá en la parte final de cada cuadro.
- Como caso especial, para las blindobarras utilizaremos la denominación BB seguida de la zona en la que se encuentran.

Cabe destacar que a todos los cuadros nombrados en dicha hoja se le asignará una potencia en vatios (W) prevista en consecuencia de la carga a la que alimenten.

Codificación de sistemas de alimentación

Como hemos introducido anteriormente, la alimentación del edificio no solo se basará en el suministro aportado por la red, sino habrá más de un método a fin de que en todo momento haya continuidad de energía eléctrica. Así, para cada tipo de alimentación:

- Si el suministro es a través de la red normal se identificará con la letra "R".
- Para el grupo electrógeno se utilizará la letra "G".
- Si el tipo de alimentación es el Sistema de Alimentación Ininterrumpida lo nombraremos con la letra "S".

Codificación de las cargas

Al tratar con muchos tipos de consumidores diferentes, resulta fundamental establecer un método de codificación en el que, de manera breve, se pueda identificar cada una de las cargas. Los receptores con los que se trabajará están definidos en el apartado A.8.4.

En la descripción y codificación al comienzo de los elementos de origen y de destino se considera como carga final el propio cuadro o el punto de consumo al que alimentará el cuadro origen. El tipo de carga a alimentar se podrá seleccionar, ya que cada una de ellas conlleva unos requisitos tal y como se ha mencionado anteriormente.

Así pues, para identificar las cargas con las que se está trabajando se utilizará el siguiente sistema de codificación

- Si el elemento de destino se trata de un cuadro: Se utilizarán las letras mostradas en A.10.1.
- Si el elemento de destino es directamente un punto de consumo a alimentar:
 - La letra "A" en referencia a que la carga es un alumbrado.
 - La letra "E" para el alumbrado de emergencia y señalización.
 - La letra "F" si la carga es de tipo fuerza y se alimenta a través de red.
 - La letra "G" si la carga es de tipo fuerza y se alimenta a través de grupo.
 - La letra "S" si la carga es de tipo fuerza y se alimenta a través de SAI.
 - La letra "M" si la carga destino es de tipo motor.
 - La letra "C" si el destino es de tipo condensador.

En caso de receptores que no sean cuadros, si nos encontramos con más de una carga de la misma índole, utilizaremos para numerarlas dígitos de menor a mayor, del 1 hacia adelante.

A.11 Cálculo de la instalación

Con la mayoría de elementos definidos y comentados en los apartados anteriores, se procede a aplicar todos los criterios para el fin último de nuestra hoja de cálculo: la resolución de la instalación eléctrica. Para ello han de conocerse algunos datos iniciales de manera que se identifique por completo el circuito que se está calculando.

A.11.1 Análisis de los requisitos

Antes de comenzar a resolver, hemos de analizar dónde nos encontramos y que magnitudes hemos de conocer para proceder con el cálculo del tramo de la instalación que nos atañe. En la hoja de cálculo se colocan de izquierda a derecha, por orden de importancia, las magnitudes o valores que debemos conocer.

En primer lugar, identificaremos en que tramo estamos, para esto se empleará la codificación explicada en el apartado A.10.1. Así, tenemos una primera idea sobre qué cuadro tenemos de referencia (cuadro origen) y hacia que cuadro o carga hemos de llegar (destino).

Además, antes de comenzar con el análisis de las diferentes magnitudes, resulta necesaria una descripción del cuadro a estudiar, en la que aparece la denominación completa del propio cuadro (sin abreviaciones), la ubicación en la que se encuentra, el cuadro anterior que lo alimenta, los embarrados que se encuentran en el propio cuadro (red, grupo y SAI) con sus respectivas intensidades de cortocircuito y la más grande de estos, ya que esta será de utilidad para dimensionar las protecciones de los cuadros. En caso de que dicho dígito sea menor se tomará, como precaución, el valor de 6 kA como el mínimo para la intensidad de cortocircuito del cuadro, lo cual significa que no se está trabajando con un cuadro de mucha potencia.

Para calcular la corriente de cortocircuito del embarrado del cuadro correspondiente, se buscará (opción BUSCARV y concatenar con _R, _G o _S) la intensidad de cortocircuito calculada (fórmula en A.6.6) para el cuadro con el embarrado cuando este es alimentado por el cuadro que lo precede, es decir, cuando se encuentra como elemento destino.

Para comenzar con la definición de las magnitudes previas, resulta imprescindible saber si el circuito analizado es monofásico o trifásico, ya que las fórmulas empleadas son diferentes. Esto suele depender del tipo de carga y definirá la tensión nominal del tramo.

A continuación definiremos las cargas (número de cargas y subcargas) con la que vamos a trabajar. Es uno de los elementos más importantes ya que dependiendo del punto de consumo utilizaremos un tipo de circuito u otro, con condiciones y factores de simultaneidad y potencia diferentes.

Este dato tendrá que ir acompañado de la potencia en vatios que exige la carga, que en el caso de ser un punto de consumo estará previamente definido. Para calcular la potencia nominal de los cuadros se tendrá en cuenta los consumidores a los que este alimenta, siendo su suma la potencia total del cuadro. El comando BUSCARV proporcionará dicho dato a través de la búsqueda en toda la instalación del cuadro referido y la suma de todas las cargas que éste alimentará. Si se quiere calcular la potencia total asignada solo faltará multiplicar la anterior por el coeficiente de simultaneidad.

Otro dato que necesitamos conocer con certeza es la posición donde se ubica dentro de la instalación. Esto nos ayudará a saber desde qué cuadro hemos de alimentar la carga y la longitud que tendrá dicho tramo. Además, el tipo de canalización empleada se elegirá en función de las circunstancias en las que se encuentre el tramo (al aire, enterrado, en bandeja, sobre techo..).

A.11.2 Consideraciones para el cálculo de la sección

Una vez conocidos los datos necesarios para situarnos en nuestra instalación, procederemos, aplicando las fórmulas desarrolladas en A.6, a calcular y dimensionar el tramo analizado. Así, se emplearán los criterios técnicos de cálculo de sección mostrados en el REBT, de manera que los valores nunca exceden los límites impuestos por el mismo. Para ello, nos regiremos por las siguientes instrucciones y normas:

- Intensidades máximas admisibles: ITC-BT-07 para iluminación exterior y UNE 20460-5-523 para instalaciones interiores o receptoras.
- Caída de tensión: ITC-BT-09.3 para iluminación exterior y la ITC-BT-19.2.2.2 para instalaciones interiores o receptoras.
- Cálculo de cortocircuito: ITC-BT-07 y UNE 20460-5-523 para iluminación exterior.

Al ser nuestra instalación de carácter importante, los cables que se instalarán serán unipolares (más seguros), con una sección mínima de 2.5 mm^2 y cuyo aislamiento variará en función del destino del suministro. Si se trata de equipos grandes o cuadros, se utilizarán cables de gran sección, con aislamiento 0.6/1 kV. En cambio, si se alimenta iluminación o tomas de poca potencia, será de 450/750 V.

A.11.3 Dimensionado del conductor neutro

Muchos de los tramos de nuestra instalación requerirán la presencia de un conductor neutro e incluso de un conductor de protección, esto dependerá del punto de consumo, es decir, de los requisitos impuestos por el tipo de carga. Diferenciaremos entre circuitos trifásicos y monofásicos, según el REBT.

- Para circuitos trifásicos, tal y como se muestra en el apartado 2.2.2 de la ITC-BT-19, para instalaciones interiores o receptoras, los conductores de neutro tendrán igual sección que los de fase. Es posible reducir esta sección si así lo justifican los cálculos (exige un conocimiento detallado de las características de los equipos).
- Para circuitos monofásicos, tanto el conductor de fase como el neutro tendrán siempre la misma sección

A.11.4 Dimensionado del conductor de protección

El conductor de protección no tendrá un carácter obligatorio en toda la instalación. Sin embargo, hay varios tramos donde aparece. Para calcular dicha sección diferenciamos entre:

- Circuitos protegidos contra corrientes de defecto a tierra: se utiliza el método de cálculo propuesto por la UNE 20.460-5-54.543.1.1, basado en la fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \times t}}{k} \quad (\text{A.22})$$

donde S es la sección en mm^2 , I la intensidad de defecto a tierra en A, t el tiempo que tarda la falta en despejar el cortocircuito en s y k, una constante que depende del material del conductor y del aislamiento. Esta constante se determina mediante la tabla 54B de la anterior norma UNE. El valor de la corriente de defecto se calcula sumando la resistencia de puesta a tierra de servicio y de protección,

y despreciando la resistencia de los cables de protección para así situarnos en el caso más seguro. Si la sección es menor que 2.5 mm^2 se toma dicha sección.

- Si el circuito no está protegido contra los defectos a tierra, se utilizará la tabla 2 de la ITC-BT-18 que relaciona la sección de los conductores de fase con la de protección:
 - Si la sección del conductor de fase es menor de 16 mm^2 , se toma la misma sección para el conductor de protección
 - Si la sección del conductor de fase está comprendida entre 16 y 35 mm^2 , se toma 16 mm^2 para el de protección
 - Si la sección es mayor de 35 mm^2 , el valor de la sección del conductor de protección resulta la mitad.

A.11.5 Dimensionado de los conductores de fase

El método propuesto en nuestra hoja de cálculo consiste en dar un valor a la sección de los conductores de fase de cada tramo y comprobar posteriormente que los valores correspondientes hallados a raíz de los diferentes métodos quedan comprendidos entre los límites impuestos por el REBT.

Así pues, tras obtener los datos citados en A.11.1, procedemos a los cálculos básicos de la potencia aparente y la intensidad de diseño que circula por el tramo con las fórmulas del apartado A.6.2. Con todo esto, tenemos un punto de partida idóneo para la aplicación de los criterios técnicos que determinarán si la sección es correcta.

Cabe recordar que para el cálculo de la intensidad de circulación del tramo hay que cerciorarse de que las especificaciones que impone cada tipo de carga se cumplen. Estas se encuentran en el apartado A.8.4. Además, si se prevén cables en paralelo, es decir, líneas constituidas por dos o más ternos conectados en paralelo, debido a la elevada intensidad a transportar se aplicará un factor de corrección de 0.9 que tendrá en cuenta los posibles desequilibrios en los cables conectados a la misma fase. Dicho desequilibrio puede ser debido a las inductancias que se crean por la asimetría en su trazado y conexiones.

Por último, tal y como se ha nombrado en el apartado A.7 el factor de potencia global a considerar será de 0.85, a falta de más datos acerca de nuestra instalación.

Intensidad máxima admisible

El primero de los criterios a analizar a la hora de dimensionar los componentes de una instalación eléctrica es el térmico. Su objetivo es calcular la sección mínima para la que el cable sea capaz de soportar la subida de temperatura debida al paso permanente de la corriente por el conductor, sin que este se deteriore con el tiempo.

Esta temperatura máxima admisible está determinada por el tipo de aislamiento del cable y está recogida en el REBT. Suele ser de 70°C para cables con aislamiento termoplástico (PVC) y de 90°C para cables con aislamiento termoestables (XLPE o EPR). Resulta de gran importancia que la temperatura que alcance el cable no sobrepase en ningún momento los valores límites, ya que esto provocaría graves daños y riesgos de incendio.

Para este propósito, será obligatorio el uso de las diferentes tablas con información sobre secciones, intensidades máximas admisibles y factores de corrección, en función del tipo de instalación con la que nos encontremos y sus singularidades.

Una de las operaciones más importantes consiste en identificar el tipo de instalación que se desea diseñar para calcular los factores de corrección pertinentes. Para utilizar de manera correcta las tablas hay que conocer si es una instalación receptora (por ejemplo instalación interior o derivación individual) o una red de distribución (por ejemplo Línea General de Alimentación).

La casuística es muy amplia, ya que las características de una instalación varían mucho, partiendo de unas condiciones estándar. Para el caso de las redes de distribución, diferenciaremos entre subterráneas o aéreas, aplicándole los diferentes factores de corrección, entre ellos la temperatura ambiente, la profundidad, resistividad del terreno, agrupación de conductores, etc. Si se dimensionan instalaciones interiores, hay una gran variedad de modos de instalación y habrá que aplicar los factores adecuados para la corrección de la intensidad de diseño calculada anteriormente. El factor de corrección final será la multiplicación de todos los factores previamente calculados.

Habiendo calculado los diferentes factores de corrección, tendremos que comparar la intensidad de diseño calculada, con las intensidad máximas admisibles corregidas por los factores, de manera que solo quede aplicar la ecuación A.8°.

Ya en las tablas de intensidades máximas admisibles, dependiendo si el conductor es de aluminio o cobre, se tomará como solución la sección asociada a aquella intensidad máxima admisible corregida que sea inmediatamente superior a la de diseño.

Para nuestro caso particular, como elegimos antes las secciones de los conductores, simplemente hemos de corroborar que la intensidad máxima de nuestra canalización elegida para el tramo (obtenida a través de las tablas de la hoja "REBT_I_{max}") y multiplicada por el factor de corrección sea siempre mayor a la intensidad de circulación calculada para dicho tramo, evitando así posibles sobrecalentamientos permanentes, que serían dañinos para el cable.

En el documento de cálculo, todas las tablas referentes a los coeficientes y las intensidades máximas admisibles se encuentran recogidas en las hojas "REBT", "REBT_I_{max}", "REBT_Coeficientes". En la tabla Tipos_Instalacion se encuentra exactamente los tipos de canalizaciones que utilizaremos para nuestra instalación, que serán suficientes para satisfacer las necesidades del edificio. En dicha tabla se encuentran

calculados todos los factores de corrección correspondientes a estas canalizaciones, así como su aislamiento y el material (Cu o Al).

Para calcular la intensidad máxima admisible utilizamos la orden INDICE, indicando la matriz (en "REBT_I_{max}"), el número de fila (según la sección elegida y el material) y el número de columna (según el aislamiento y el tipo de canalización).

Caída de tensión

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de la sección siguiendo el criterio de la caída de tensión se encuentran en el apartado A.6.5. Los pasos a seguir son los siguiente:

1. Calcular la temperatura del cable del tramo correspondiente: Para ello se utiliza la fórmula A.13 que tiene en cuenta la intensidad de circulación, la máxima admisible y las temperaturas ambiente y máxima de aislamiento.
2. Calcular la resistencia del conductor: A raíz de la temperatura alcanzada por el cable, procedemos a calcular la resistencia, teniendo en cuenta el material (para la resistividad) y el aislamiento (para la temperatura).
3. Calcular la reactancia del conductor: A partir de su sección y siguiendo las pautas previamente definidas en A.6.5.
4. Calcular la caída de tensión en el tramo correspondiente: Empleando las fórmulas desarrolladas y deducidas en el apartado A.6.5 dependiendo del tipo de circuito que nos encontramos (monofásico o trifásico) y de otros datos anteriormente calculados.
5. Calcular la caída de tensión acumulada: Dado que en nuestra instalación hay una clara división, para llegar desde el transformador hasta una carga cualquiera la energía eléctrica ha de pasar por varios circuitos, los cuales acumularán una determinada caída de tensión, que no ha de ser pasada por alto. Esta caída se irá sumando a la calculada en el tramo siempre y cuando el elemento de origen de este ya haya recibido corriente de otro anterior.

Este criterio se emplea con el propósito de comprobar que la caída de tensión acumulada no excede los límites marcados por la ITC-BT-19.2.2.2, dentro del REBT. Ninguno de los circuitos comprendidos en la instalación podrá rebasar dichos valores. En la figura A.4 se muestran los límites en porcentajes para diferentes esquemas de instalación. En el caso que se está analizando, se trata de una instalación alimentada directamente por un centro de transformación, por lo que se marcará un límite de 4.5 % para alumbrado y un 6.5 % para fuerza. El otro límite ya conocido del 3 % y 5 % para alumbrado y otros usos sería de aplicación si el suministro fuese directamente en baja tensión.

Cálculo de cortocircuito

Como ya hemos mencionado, este criterio es el de menor importancia en este tipo de instalaciones, ya que las protecciones suelen ser bastante efectivas. Este criterio exige que el cable pueda soportar la corriente originada por el cortocircuito (con su correspondiente sobrecalentamiento) durante el tiempo que dure la falta hasta que las protecciones la despejen.

Para este criterio siempre han de tomarse las condiciones más desfavorables en las que se puede producir un cortocircuito, ya que hay que asegurarse que en todo caso los cables han de soportarlo, y las protecciones han de actuar de forma eficiente, rápida y segura.

El método para calcular la corriente de cortocircuito en nuestra hoja de cálculo se compone de los siguientes pasos:

1. Cálculo de las resistencias de cortocircuito: Basándonos en el apartado A.6.6 se calculará la resistencia de cortocircuito del conductor del tramo, sabiendo su longitud, su sección y la resistividad (depende del material). En este caso, para las resistencias se toma la mínima temperatura posible (20 °C), es decir, no se tiene en cuenta el incremento de la temperatura debido a la circulación de corriente por el cable. Así somos capaces de obtener el mínimo valor de la resistencia y, por tanto, la intensidad máxima de cortocircuito.

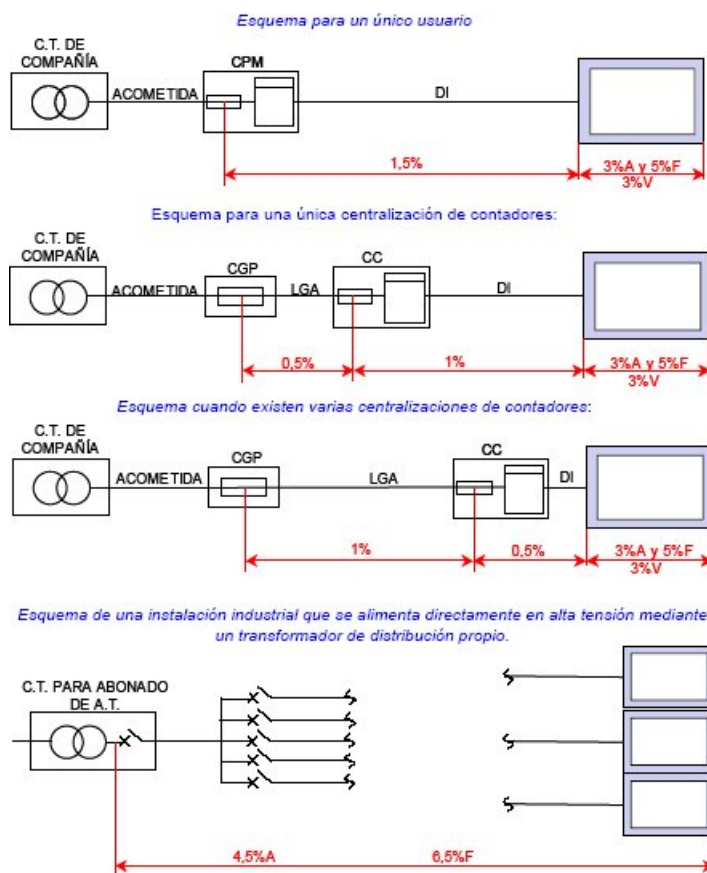


Figura A.4 Límites de caída de tensión en porcentajes.

2. Cálculo de la reactancia de cortocircuito: Con un sencillo cálculo (apartado A.6.6) y gracias a la reactancia ya calculada, a la sección y a la longitud conseguimos este dato. Las reactancias de la red y el transformador se calcularán independientemente y contarán para cualquier cortocircuito dentro de la instalación.
3. Cálculo de resistencias y reactancias de cortocircuito acumuladas: Análogamente al criterio de caída de tensión, habrá que ir sumando las resistencias y reactancias de los conductores ya calculadas anteriormente y que tengan relación con el tramo que estamos calculando, siempre teniendo en cuenta tanto la reactancia del transformador como la de la red (las resistencias de cortocircuito de ambas se desprecian en comparación con su reactancia).
4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito: Una vez hallada la suma de resistencias y reactancias hasta el tramo dado, basta con hacer un sencillo cálculo de la intensidad (A.21) para obtener el resultado final. Se toma el defecto trifásico como el más desfavorable.

Este resultado es crucial a la hora de decidir las protecciones que han de colocarse en cada tramo, así como sirve para cuadrar la selectividad entre ellas.

Para el caso de las secciones de los conductores, es conveniente comprobar que se cumpla este criterio. La ITC-BT-6.4.2.3, instrucción correspondiente a redes aéreas para distribución en baja tensión, establece a través de unas tablas, las intensidades máximas admisibles de cortocircuito, para una sección y un tiempo de cortocircuito dado (para aluminio y cobre). Esta prescripción no se aplica para el caso de las instalaciones interiores pero para la iluminación exterior sí hay que realizar la comprobación de la energía admisible.

El objetivo a la hora de evaluar este criterio es que el cable nunca sobrepase su temperatura máxima de aislamiento (250 °C para XLPE y 160 °C para PVC). Pese a que el tiempo utilizado para despejar la falta es sumamente pequeño (del orden de milisegundos), los conductores se calientan muy rápidamente debido a las grandes intensidades de cortocircuito. Esto puede dañar seriamente el aislamiento, y mermar su rigidez dieléctrica y mecánica.

En todo momento debemos cerciorarnos que la energía que deja pasar el magnetotérmico antes de interrumpir la corriente de cortocircuito es menor que la energía que puede soportar el cable. Así pues, planteando el balance de energía, llegamos a la ecuación:

$$I_{cc}^2 \times t \leq K^2 \times S^2 \quad (\text{A.23})$$

donde I_{cc} es la intensidad de cortocircuito (A), t el tiempo de despeje de la falta (s), K un valor que depende del aislamiento y el material (se muestra en la figura A.5) y S la sección del conductor en cuestión. Las temperaturas máximas en régimen permanente y en cortocircuito se encuentran recogidas en la la tabla 2 de la ITC-BT-07.3.1.1.

Al elegir anteriormente la sección, tendremos que despejar t para obtener el tiempo máximo que deben utilizar las protecciones para despejar la falta en el punto analizado, evitando daños graves en el cable. El cortocircuito siempre se tomará desde el cuadro origen del tramo, ya que así evitamos incluir la impedancia debida al cable, y calculamos la intensidad de cortocircuito para el caso más desfavorable, como anteriormente se ha citado.

A.11.6 Dimensionado de las blindobarras

Para el caso particular de las canalizaciones prefabricadas, tendremos en cuenta el criterio de cortocircuito y el de caída de tensión, ya que al estar el material conductor envuelto por metal no sufre apenas sobrecalentamientos permanentes, por lo que la posible caída de tensión acumulada en el tramo será el criterio definitorio para su dimensionado.

El procedimiento a seguir es muy parecido al caso del dimensionado de los conductores de fase, sin embargo aquí no hablamos de secciones, sino de blindobarras con intensidades nominales diferentes y características muy diversas en función de la aplicación que se le quiera dar. En nuestra instalación se utilizarán en tramos de distribución de la energía, y no para alimentar directamente una única carga.

Los pasos a seguir para la elección de la blindobarra son:

1. Obtener la potencia prevista, el tipo de carga, el circuito (trifásico o monofásico) y los diversos coeficientes, de manera que con todos estos datos se calcule la potencia aparente.
2. Calcular la intensidad de diseño del tramo en el que se colocará la blindobarra: Partiendo de la tensión, el tipo de carga (coeficientes específicos) y la potencia aparente, calculamos lo que sería la intensidad nominal que circula por el tramo.
3. La carga acumulada consistirá en la suma del resto de tramos anteriores y servirá para dimensionar la blindobarra estudiada.

Valor de K para cálculo de sección por cortocircuito.

Norma UNE 20460-5-523

CONDUCTOR	AISLAMIENTO	K
Cobre	PVC	115
	XLPE-EPR	143
Aluminio	PVC	76
	XLPE-EPR	94

Figura A.5 Valores de K según aislamiento y material.

4. Elegir una de las intensidades normalizadas y expuestas en el catálogo del fabricante, en función de la intensidad anteriormente calculada.
5. Según la intensidad seleccionada, obtener la resistencia y reactancia (en Ω/m) y multiplicarla por la longitud del tramo para trabajar con Ω .
6. Empleando la ecuación A.14 calculamos la caída de tensión del tramo.
7. Sumamos las caídas anteriores de los tramos correspondientes, tal y como se indica en A.11.5 para así obtener la caída acumulada y compararla con la permitida por el REBT.
8. Obtenemos, gracias al catálogo, las resistencias y reactancias de cortocircuito de la blindobarra elegida, que multiplicadas por la longitud están en Ω .
9. Sumamos las impedancias de cortocircuito del transformador, de la red y de los tramos anteriores correspondientes y obtenemos la impedancia equivalente del tramo.
10. Con la fórmula A.21 obtenemos el valor de la corriente de cortocircuito más desfavorable que circula en el tramo.

A.11.7 Dimensionado de las protecciones

Tanto para proteger sobrecargas permanentes como cortocircuitos, utilizaremos interruptores magnetotérmicos en cada tramo, debidamente calibrados. Para ello, se seleccionará la curva de disparo más conveniente, que además determina el valor de la intensidad de disparo magnético. Esta elección dependerá básicamente del tipo de carga que se esté alimentando. La ITC-BT-22.1.1 marca que el poder de corte de la protección ha de ser siempre mayor que la máxima intensidad de cortocircuito prevista, de manera que se garantice el correcto despeje de la falta.

En el caso del Pequeño Interruptor Automático (PIA), también llamado interruptor magnetotérmico, se ha de cumplir una regla básica para su diseño: $I_{calc} < I_n < I_{per}$, siendo I_{calc} la intensidad de diseño calculada para el tramo, I_n el calibre o la intensidad nominal del magnetotérmico e I_{per} la intensidad máxima permitida en el tramo. Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden seleccionar 3 curvas de calibre diferente:

- Curva B: $I_{mag} = (3 - 5) \times I_n$. Curva utilizada para circuitos en los que no se producen transitorios.
- Curva C: $I_{mag} = (5 - 10) \times I_n$. Curva utilizada para circuitos con carga mixta y en instalaciones de usos domésticos o análogos.
- Curva D: $I_{mag} = (10 - 20) \times I_n$. Curva utilizada para circuitos en los que se prevé que haya transitorios.

Estas tres curvas de disparo se representan gráficamente según la figura A.6.

También deberá proteger frente a sobrecargas permanentes, según la UNE 20.460 se ha de cumplir la condición: $c \times I_n \leq 1.45 \times I_{per}$ siendo el factor $c=1.3$ en caso de uso industrial y 1.45 en viviendas y hogares de pública concurrencia.

El magnetotérmico deberá tener un poder de corte normalizado superior en todo momento a la máxima intensidad de cortocircuito en el tramo en el que se coloca. Por tanto habrá que elegir un valor nominal por encima de la corriente de defecto calculada.

A la hora de seleccionar las curvas de disparo, también hay que tener en cuenta otro criterio para la protección frente a cortocircuitos. El valor umbral de disparo instantáneo del magnetotérmico, es decir, I_{mag} tiene que ser menor o igual que la intensidad de cortocircuito mínima del tramo. Con esta condición aseguramos que una corriente pequeña de cortocircuito no sea confundida por el magnetotérmico como una sobrecarga.

Por último, es necesario comprobar que el interruptor elegido sea capaz de cubrir todo el tramo para el cual se ha instalado. Esto causa problemas en el caso de que la longitud del tramo sea elevada. Para ello se va a emplear un método de cálculo simplificado basado en aplicar la ley de Ohm con las siguientes hipótesis:

- Consideraremos que la tensión entre el punto en el que se produce el defecto y el origen de la instalación es del 80 %.
- Despreciaremos la reactancia de los conductores frente a su resistencia. Esta aproximación es válida si la sección es relativamente pequeña.

El cálculo de la longitud máxima que protege el magnetotérmico que estamos analizando se basa en la siguiente ecuación, mencionada en la ITC-BT-22 del REBT:

$$L_{max} = \frac{0.8 \times S_f \times U}{\rho \times I_{mag} \times \left(1 + \frac{S_f}{S_n}\right)} \quad (\text{A.24})$$

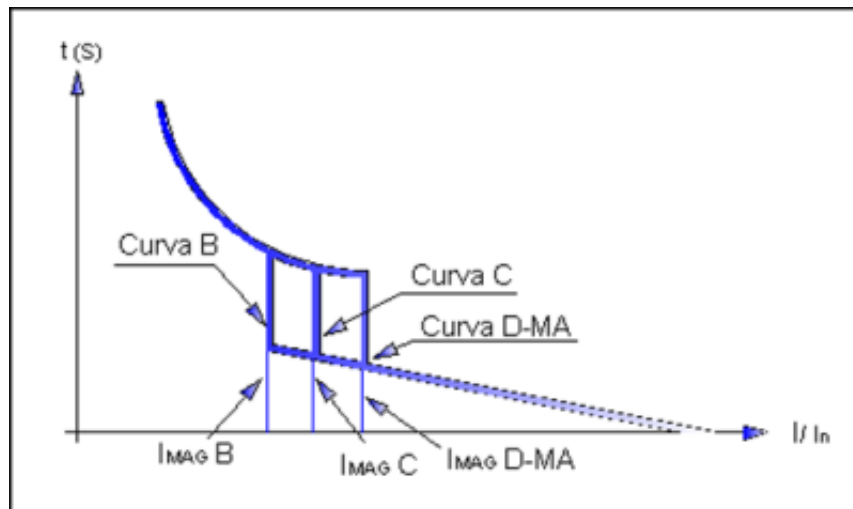


Figura A.6 Curvas de disparo de un interruptor magnetotérmico.

donde:

- L_{max} : Longitud máxima que puede llegar a proteger el magnetotérmico en estudio (m).
- S_f : Sección del conductor de fase en mm^2 .
- S_n : Sección del conductor de neutro en mm^2 .
- U: Tensión en el tramo (V).
- ρ : resistividad del material, depende de si es aluminio o cobre (en $\Omega \times m$).
- I_{mag} : Intensidad umbral del magnetotérmico (A).

Tras aplicar esta fórmula, nos queda comprobar que la diferencia entre la longitud protegida por el magnetotérmico y la del tramo es positiva, ya que de no ser así, habría que colocar otra protección o bien cambiar los ajustes.

Protección frente a contactos directos e indirectos

En primer lugar, hemos de diferenciar el contacto directo frente al indirecto. El primero se crea por un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos, es decir, las que suelen estar en tensión. El segundo de ellos se origina por contacto con masas puestas accidentalmente en tensión. Las protecciones frente a estos dos contactos pretenden evitar que tanto las personas como los materiales experimenten el peligro provocado por alguna de estas causas.

En la ITC-BT-24 se recogen las medidas a tomar para evitar los daños causados por el contacto eléctrico. Para el caso de los contactos directos, la norma UNE 20.460-4-41 expone las medidas a utilizar:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envoltentes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementario por dispositivos de corriente diferencial residual, cuando el valor de disparo es igual o inferior a 30 mA.

Las medidas a utilizar para el caso de contacto indirecto son:

- Protección por corte automático de la alimentación: Destinado a impedir que una tensión de contacto con un valor suficiente se mantenga durante un tiempo suficiente de manera que pueda originar daños. Para ello se ha de crear el denominado "bucle de defecto" que permite la circulación de la corriente de defecto. La constitución de este bucle dependerá del esquema de conexión a tierra de la instalación (TN, TT o IT). De acuerdo con este esquema, se seleccionará el dispositivo de protección adecuado

que desconectará la corriente de defecto en un tiempo apropiado. La tensión límite convencional es de 50 V, aunque también se puede aplicar 24 V para instalaciones de alumbrado. La instalación de puesta a tierra se encargará de satisfacer esta medida.

- Protección por empleo de equipos de clase II o por aislamiento equivalente.
- Protección en los locales o emplazamientos no conductores.
- Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra.
- Protección por separación eléctrica.

Aunque la norma permite la utilización de dispositivos de protección contra sobreintensidades como protección contra contactos indirectos (siempre que la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas sea lo suficientemente baja) es recomendable la utilización de los dispositivos diferenciales.

Dimensionado de la protección diferencial

El objetivo de los dispositivos diferenciales residuales (DDR), es detectar las corrientes de defecto de fuga a tierra y actuar interrumpiendo el circuito en caso de que dichas corrientes supongan un peligro para las personas o los bienes materiales. Con la existencia de un contacto indirecto, se crea una corriente de fuga o defecto que hace que la corriente que entra por la fase sea distinta a la que sale por el neutro, ya que parte de la corriente se deriva al terreno mediante la instalación de puesta a tierra dimensionada en A.13. Dicha diferencia entre corriente de entrada y salida es detectada por la protección diferencial, que actúa para cortar la corriente del circuito. Las normas UNE EN 61008 y UNE EN 61009 regulan esta clase de protecciones.

Lo primero que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar un interruptor diferencial es si el circuito se trata de uno monofásico o trifásico. Luego se procede a calcular la intensidad nominal asignada al interruptor diferencial (el calibre). Si el interruptor diferencial está situado aguas abajo de un magnetotérmico, es muy recomendable sobrecalibrar el interruptor respecto al magnetotérmico, de forma que: $I_{ndif} \geq 1.4 \times I_{nmag}$. En el caso de que el diferencial esté situado aguas arriba de un grupo de circuitos protegido, su elección se realiza en base al coeficiente de utilización y de simultaneidad, de manera que: $I_{ndif} \geq K_U \times K_s \times \sum_{i=1}^n I_{nmag}$ siendo n el número de interruptores magnetotérmicos aguas abajo del diferencial y K_U y K_s los coeficientes de utilización y simultaneidad, respectivamente.

El siguiente paso consiste en la elección de la sensibilidad del dispositivo. Esto dependerá del valor de la corriente diferencial de defecto $I_{\Delta n}$ y del esquema a tierra utilizado en la instalación. Los diferenciales de baja sensibilidad ($I_{\Delta n} > 30mA$) se utilizan para contactos indirectos y riesgos de incendio y destrucción de receptores. Se sigue la fórmula siguiente para calcular la sensibilidad, que ha de ser normalizada:

$$R_A \times I_{\Delta n} \leq U_L \quad (A.25)$$

donde:

- R_A : Suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas (Ω).
- $I_{\Delta n}$: Corriente diferencial-residual asignada (A).
- U_L : Tensión de contacto límite convencional (50 o 24 V).

Los diferenciales de sensibilidad alta, donde $I_{\Delta n} \leq 30mA$ se utilizan, además de para la protección de contactos indirectos, para la de contactos directos.

El último valor a asignar para el total dimensionado del diferencial corresponde con el retardo en su disparo. Según si tiempo de respuesta se clasifican en instantáneos o selectivos. Los interruptores diferenciales selectivos cuentan con un retardo a la desconexión y se instalan aguas arriba de otros interruptores diferenciales instantáneos para asegurar la selectividad y limitar así el corte de servicio eléctrico solamente a la parte de la instalación afectada por el defecto a tierra.

A.11.8 Cálculo del tiempo de cortocircuito

Para el correcto dimensionado de los dispositivos de protección resulta fundamental el cálculo del tiempo que nuestra instalación va a soportar la corriente de cortocircuito. Este es el último dato que necesitamos conocer para completar la resolución de la instalación.

El primer paso para obtener el tiempo de cortocircuito es calcular el factor k, en función de la temperatura, el aislamiento, la sección y el material. Esta tabla está recogida en la hoja "REBT" del documento de cálculo.

La ecuación en la que nos hemos de basar para el cálculo del tiempo de cortocircuito es en A.23, con esta ecuación, y ya que disponemos del factor k, la corriente de cortocircuito más desfavorable (la máxima) y la sección del conductor, podremos despejar el tiempo de manera que: $t_{cc} = \left(\frac{K \times S}{I_{cc}} \right)^2$.

A.11.9 Resultados diseño de la instalación

A continuación se expone la hoja de cálculo empleada para la resolución de la instalación eléctrica en evaluación, centrándose en aquellos cuadros que forman parte del caso de estudio, para simplificar el documento y facilitar su comprensión.

En la parte superior de la hoja se muestra el orden que se sigue en la realización de operaciones y su organización, tal y como se ha explicado en anteriores apartados. Justo debajo aparecen los coeficientes más característicos y utilizados de la instalación, definidos en el apartado A.7 y los tipos de instalación usados en el diseño de cables y canalizaciones que distribuyen la energía eléctrica en el edificio.

Posteriormente se muestra el dimensionamiento de los cables de las líneas independientes que alimentan a los diversos cuadros pertenecientes al problema en estudio, calculando la intensidad nominal y de cortocircuito del tramo y comprobando que se cumplen los 3 criterios para la sección de los conductores.

Por último, se expone la resolución del mismo caso de estudio mediante el empleo de blindobarras, calculando primeramente las mismas magnitudes que en el caso anterior y dimensionando la blindobarra con su intensidad nominal correspondiente. En esta hoja de resultados no se muestra el dimensionado de las protecciones utilizadas en la instalación.

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Fuente de Red															
C03183 A	CSISGCL R	Emb. de Red CSISGCL	10	400	Cuad.	1	0,8	508,200	86,560	101,835,29	147,16	28	1	70	70,0
C03183 B	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 C	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 D	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 E	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 F	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 G	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 H	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 I	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 J	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 K	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 L	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 M	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 N	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 O	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 P	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 Q	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 R	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 S	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 T	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 U	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 V	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 W	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 X	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 Y	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 Z	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AA	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AB	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AC	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AD	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AE	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AF	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AG	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AH	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AI	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AJ	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AK	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AL	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AM	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AN	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AO	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AP	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AQ	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AR	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AS	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AT	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AU	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AV	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AW	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AX	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AY	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 AZ	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BA	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BB	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BC	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BD	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BE	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BF	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BG	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BH	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BI	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BJ	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BK	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BL	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BM	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BN	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BO	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BP	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BQ	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BR	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BS	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BT	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BU	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BV	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BW	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BX	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BY	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 BZ	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 CA	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 CB	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 CC	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400	Cuad.	1	0,8	320,000	21,600	25,920,00	63,37	20	1	10	10,0
C03183 CD	CPBIAZPA R	Emb. de Red CPBIAZPA	10	400</											

CGS184	R	CP58A24FL	Emb. de Emb. de GPO CP58A24FL	HN	400	Cuad.	0	0	26,500	21,200	24,941.18	38,04	46	1	10	10,0	Grupo 3	XLPE	Cu	0,013136	0,000000	1,30	2,69	6,50	80,0	0	48	38,84	61,07	0,02828	0,00000	0,08915	0,00424	2,59045	
CGS184	R	CP58A24FL	Emb. de Emb. de GPO CP58A24FL	HN	400	Cuad.	0	0	26,500	21,200	24,941.18	38,04	50	1	10	10,0	Grupo 3	XLPE	Cu	0,013136	0,000000	1,40	2,69	6,50	80,0	0	48	38,84	61,07	0,02828	0,00000	0,08915	0,00424	2,59045	
CGS184	R	CP58A24FL	Emb. de Emb. de GPO CP58A24FL	HN	400	Cuad.	1	1	24,00	24,00	24,00	74,25	100	1	10	10,0	Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712	
CGS184	R	CP58A24FL	Emb. de Emb. de GPO CP58A24FL	HN	400	Cuad.	1	1	24,00	24,00	24,00	74,25	100	1	10	10,0	Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712	
CGS184	R	CP58A24FL	Emb. de Emb. de GPO CP58A24FL	HN	400	Cuad.	1	1	24,00	24,00	24,00	74,25	100	1	10	10,0	Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712	
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241,618	284,254.12	410,77	55					Grupo 3	XLPE	Cu	0,009200	0,000000	1,70	2,69	6,50	80,0	0	30	30,00	60,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,28712
CGS184	R	CP58A24H	Emb. de Emb. de GPO CP58A24H	HN	400	Cuad.	1	1	302,00	241																									

Ubicación		Carga Tramo										Carga Acumulada										Resistencia				Caida de Tensión (V)			Resistencia Cortocircuito						Icc (A)
Origen	Destino	Descripción	C	V	T.C.	Nº	Simul	(W)	Pot. (w)	P. Cár. (VA)	I. Gr. (A)	L (m)	L (m)	P. Cár. (VA)	I. Gr. (A)	(A)	R (Ω)	X (Ω/m)	R (Ω)	X (Ω)	Tramo	Acum.	Prom.	Rcc (Ω/m)	Xcc (Ω/m)	Rcc (Ω)	Xcc (Ω)	RuA (Ω)	XuA (Ω)	Icc (A)					
CGS181_R	1_Nodo1_R	Nodo cuadro CP2AFSG_R Y CP2ASUM_R	III	400	Cuad.	1	1	16.560	16.560	19.482	28.15	63	63	142.044	205.27	250	0.000390	0.000160	0.024570	0.010080	0.32	0.92	4.50	116.0	0.000780	0.000320	0.049140	0.020160	0.051890	0.025120	3.883.49				
CGS181_R	1_Nodo2_R	Nodo cuadro CP3B1AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	34.960	34.960	41.129	59.44	35	35	100.914	159.44	250	0.000390	0.000160	0.013650	0.005600	0.37	0.98	4.50	0.000780	0.000320	0.027390	0.011120	0.031200	0.016180	6.426.29					
1_Nodo1_R	1_Nodo2_R	Nodo cuadro CP3B1AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	43.120	43.120	51.200	73.99	4	4	49.714	73.99	250	0.000390	0.000160	0.001560	0.000640	0.06	1.01	4.50	0.000780	0.000320	0.001170	0.001180	0.003110	0.011340	1.977.07					
1_Nodo3_R	1_Nodo4_R	Nodo cuadro CP5B1AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	21.201	21.201	24.942	36.04	4	4	24.772	36.04	250	0.000390	0.000160	0.001560	0.000640	0.03	1.06	4.50	0.000780	0.000320	0.000312	0.001128	0.003829	0.01882	5.414.18					
1_Nodo4_R	1_Nodo5_R	Nodo cuadro CP5B1AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	21.056	21.056	24.772	35.80	10	10	0	35.80	250	0.000390	0.000160	0.003900	0.001400	0.06	1.12	4.50	0.000780	0.000320	0.000780	0.001080	0.004660	0.02212	4.523.05					
CGS181_G	1_Nodo1_G	Nodo cuadro CP2AFSG_G Y CP2ASUM_G	III	400	Cuad.	1	1	7.836	7.836	9.219	13.32	63	63	62.613	90.48	100	0.001590	0.000150	0.100170	0.009450	0.52	1.12	4.50	106.0	0.000190	0.000310	0.120097	0.019193	0.121038	0.02387	1.082.03				
CGS181_G	1_Nodo2_G	Nodo cuadro CP3B1AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	8.874	8.874	10.440	15.09	35	35	52.173	15.09	100	0.001590	0.000150	0.055650	0.002150	0.33	0.93	4.50	0.000190	0.000310	0.111165	0.010485	0.121106	0.015149	1.895.07					
1_Nodo2_G	1_Nodo3_G	Nodo cuadro CP4B2AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	10.938	10.938	12.868	18.60	4	4	39.305	18.60	100	0.001590	0.000150	0.006460	0.000600	0.05	0.98	4.50	0.000190	0.000310	0.002178	0.001134	0.133362	0.016148	1.714.93					
1_Nodo3_G	1_Nodo4_G	Nodo cuadro CP5B1AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	33.409	33.409	39.305	56.80	4	4	0	56.80	100	0.001590	0.000150	0.006360	0.000600	0.14	1.12	4.50	0.000190	0.000310	0.001278	0.001124	0.146504	0.017867	1.566.04					
CGS182_R	2_Nodo1_R	Nodo cuadro CS1AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	121.600	121.600	143.059	208.73	60	60	617.525	892.38	1000	0.000049	0.000022	0.002940	0.001320	0.29	0.89	4.50	193.0	0.000094	0.000040	0.000564	0.000240	0.007008	0.00683	23.507.36				
2_Nodo1_R	2_Nodo2_R	Nodo cuadro CP0AFSA_R Y CP0AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	68.280	68.280	80.329	116.08	32	32	537.195	116.08	1000	0.000049	0.000022	0.001558	0.000704	0.09	0.98	4.50	0.000094	0.000040	0.000301	0.001128	0.010109	0.00811	17.864.75					
2_Nodo2_R	2_Nodo3_R	Nodo cuadro CP1AFBL_R	III	400	Cuad.	1	1	26.160	26.160	30.776	44.47	22	22	506.419	44.47	1000	0.000049	0.000022	0.001078	0.000484	0.02	1.00	4.50	0.000094	0.000040	0.000207	0.000888	0.010099	0.00899	15.793.89					
2_Nodo3_R	2_Nodo4_R	Nodo cuadro CP2AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	30.520	30.520	35.671	51.55	10	10	470.748	51.55	1000	0.000049	0.000022	0.000490	0.000220	0.01	1.01	4.50	0.000094	0.000040	0.000094	0.000400	0.031310	0.00939	14.349.09					
CGS182_R	2_Nodo5_R	Nodo cuadro CP4B2AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	45.600	45.600	52.647	77.52	57	57	427.101	77.52	1000	0.000049	0.000022	0.002199	0.001254	0.10	0.71	4.50	0.000094	0.000040	0.000094	0.000238	0.006668	0.00671	24.210.57					
2_Nodo5_R	2_Nodo6_R	Nodo cuadro CP4B2AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	54.000	54.000	63.529	91.81	4	4	353.572	91.81	1000	0.000049	0.000022	0.001956	0.000888	0.01	0.72	4.50	0.000094	0.000040	0.000038	0.000338	0.007128	0.00587	23.281.26					
2_Nodo6_R	2_Nodo7_R	Nodo cuadro CP5B2AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	21.200	21.200	24.941	36.04	4	4	328.631	36.04	1000	0.000049	0.000022	0.000196	0.000088	0.00	0.72	4.50	0.000094	0.000040	0.000038	0.000036	0.007071	0.00703	22.416.15					
2_Nodo7_R	2_Nodo8_R	Nodo cuadro CP5B2AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	279.336	279.336	328.631	474.30	2	2	0	474.30	1000	0.000049	0.000022	0.000098	0.000044	0.02	0.74	4.50	0.000094	0.000040	0.000019	0.000008	0.007071	0.00711	22.065.79					
CGS182_G	2_Nodo1_G	Nodo cuadro CS1AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	29.144	29.144	34.287	49.55	60	60	88.614	142.51	160	0.000770	0.000150	0.046200	0.009000	0.94	1.55	4.50	189.0	0.001550	0.000310	0.093000	0.018660	0.09599	0.02326	2.340.78				
CGS182_G	2_Nodo2_G	Nodo cuadro CP0AFSA_G Y CP0AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	16.591	16.591	19.519	28.21	32	32	79.995	28.21	160	0.000770	0.000150	0.024640	0.004800	0.29	1.84	4.50	0.001550	0.000310	0.049860	0.009992	0.14559	0.03321	1.548.33					
2_Nodo2_G	2_Nodo3_G	Nodo cuadro CP1AFBL_G	III	400	Cuad.	1	1	8.714	8.714	10.252	14.81	22	22	68.854	14.81	160	0.000770	0.000150	0.010490	0.002100	0.10	1.94	4.50	0.001550	0.000310	0.004412	0.004862	0.17968	0.04003	1.255.34					
CGS182_G	2_Nodo4_G	Nodo cuadro CP2AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	8.794	8.794	10.346	14.95	10	10	58.488	14.95	160	0.000770	0.000150	0.007700	0.001500	0.05	1.99	4.50	0.001550	0.000310	0.003550	0.003100	0.195130	0.04313	1.136.63					
CGS182_G	2_Nodo5_G	Nodo cuadro CP3B2AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	11.754	11.754	13.828	19.98	57	57	44.668	19.98	160	0.000770	0.000150	0.034890	0.008550	0.36	0.97	4.50	0.001550	0.000310	0.008835	0.01767	0.09134	0.02236	2.468.42					
CGS182_G	2_Nodo6_G	Nodo cuadro CP4B2AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	11.754	11.754	13.828	19.98	4	4	30.841	19.98	160	0.000770	0.000150	0.003080	0.000600	0.03	0.99	4.50	0.001550	0.000310	0.006200	0.001124	0.09714	0.02360	2.303.94					
2_Nodo6_G	2_Nodo7_G	Nodo cuadro CP5B2AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	26.215	26.215	30.841	44.57	4	4	0	44.57	160	0.000770	0.000150	0.003080	0.000600	0.06	1.05	4.50	0.001550	0.000310	0.006200	0.001124	0.10374	0.02484	2.468.47					
CGS183_R	3_Nodo1_R	Nodo cuadro CP3B2BLC_R	III	400	Cuad.	1	1	86.560	86.560	100.835	147.16	27	27	435.172	628.86	800	0.000990	0.000060	0.002430	0.001820	0.19	0.79	4.50	89.0	0.000990	0.000130	0.00675	0.00355	0.00993	0.00823	18.135.29				
CGS183_R	3_Nodo2_R	Nodo cuadro CP3B2AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	48.960	48.960	57.600	83.24	43	43	377.572	83.24	800	0.000990	0.000060	0.003070	0.002180	0.17	0.77	4.50	0.000990	0.000130	0.001671	0.001199	0.03116	0.01051	13.176.93					
3_Nodo2_R	3_Nodo3_R	Nodo cuadro CP4B3AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	21.200	21.200	24.941	36.04	4	4	352.631	36.04	800	0.000990	0.000060	0.000360	0.000240	0.01	0.78	4.50	0.000990	0.000130	0.000109	0.000109	0.003052	0.01453	0.01083	12.744.92				
3_Nodo3_R	3_Nodo4_R	Nodo cuadro CP5B3AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	21.200	21.200	24.941	36.04	4	4	327.689	36.04	800	0.000990	0.000060	0.000360	0.000240	0.01	0.79	4.50	0.000990	0.000130	0.000109	0.000109	0.003052	0.01555	0.01135	12.007.88				
3_Nodo4_R	3_Nodo5_R	Nodo cuadro CP5B3AFPL_R	III	400	Cuad.	1	1	278.536	278.536	327.689	473.54	11	11	0	473.54	800	0.000990	0.000060	0.000990	0.000660	0.24	1.03	4.50	0.000990	0.000130	0.000730	0.00143	0.02778	0.01278	10.205.79					
CGS183_G	3_Nodo1_G	Nodo cuadro CP3B3AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	12.714	12.714	14.958	21.62	43	43	38.518	55.66	100	0.001590	0.000150	0.068170	0.006450	0.58	1.18	4.50	51.0	0.001590	0.000310	0.13717	0.01133	0.14864	0.01767	1.544.09				
CGS183_G	3_Nodo2_G	Nodo cuadro CP3B3AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	6.525	6.525	7.676	11.09	4	4	80.841	11.09	100	0.001590	0.000150	0.006460	0.000600	0.03	1.21	4.50	0.001590	0.000310	0.012178	0.001124	0.16148	0.01893	1.422.85					
CGS183_G	3_Nodo3_G	Nodo cuadro CP4B3AFPL_G	III	400	Cuad.	1	1	26.215	26.215	30.841	44.57	4	4	0	44.57	100	0.001590	0.000150	0.006460	0.000600	0.11	1.12	4.50	0.001590	0.000310	0.001278	0.001124	0.17416	0.02015	1.118.42					
CGS184_R	4_Nodo1_R	Nodo cuadro CP0AF2M_R	III	400	Cuad.	1	1	19.560	19.560	23.012	34.25	55	55	261.242	375.52	400	0.000210	0.000140	0																

A.12 Protección exterior contra el rayo

Una vez explicado el procedimiento para el cálculo y dimensionado de la instalación, se procede a determinar la instalación de un pararrayos de cebado adecuado para proteger el edificio frente a los agentes externos. La norma UNE 21.186 establece una metodología para determinar la necesidad de instalar un dispositivo de protección frente a este tipo de causas siguiendo una serie de criterios que serán expuestos a continuación.

La decisión sobre la Instalación Exterior de Protección contra el Rayo (IEPR) queda determinada por dos factores: la frecuencia de impacto de rayos prevista en la estructura que se protege N_e y la frecuencia anual aceptable de rayos sobre la estructura N_a . Para definir ambos coeficientes habrá que identificar primeramente otros subrogados a ellos:

- Densidad de impactos sobre el terreno N_g : Viene determinado por la fórmula $N_g = 0.02 \times (N_k)^{1.67}$ donde N_k es el número de días al año en el que se oye tronar, también denominado nivel ceráunico. Existen mapas del país con niveles isoceráunicos dependiendo de la región en la que nos encontremos, o bien, directamente en la página 47 de UNE 21186 podemos encontrar los valores de N_g por regiones. Observando el mapa en la hoja de cálculo "Pararrayos" obtenemos que la densidad para Sevilla es de 1.5.
- Superficie de captura equivalente de la estructura aislada A_e : Se mide en m^2 y se define como la superficie sobre el suelo con la misma probabilidad anual que la estructura de recibir el impacto de un rayo. Podremos obtener este valor de los planos.
- Coeficiente de entorno de la estructura C_1 : Este coeficiente queda determinado por la topología del lugar y los objetos situados a una distancia $3H$ del edificio, donde H es la altura del mismo. Depende de los edificios y árboles que hay a su alrededor, así como de la altura de los mismos.

Una vez obtenidos estos coeficientes, se calcula la frecuencia de impacto de rayos sobre la estructura N_e mediante la fórmula $N_e = 1.1 \times N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6}$.

A continuación se calcula el coeficiente N_a , que muestra la frecuencia de rayos que aceptaría el edificio anualmente. Para ello, una vez más debemos recurrir a una serie de coeficientes a través de los cuales llegaremos al valor final:

- Coeficiente de estructura C_2 : Tiene en cuenta el material con el que está forjado el edificio, así como su cubierta. Va progresivamente aumentando si el material es metálico, de hormigón o de madera, dándole prioridad a la estructura en sí antes que al material del tejado.
- Coeficiente de contenido de la estructura C_3 : Valora la existencia de contenidos inflamable en el edificio, de manera que será más grande el valor cuánto más elementos con peligro de inflamación nos encontremos en la estructura.

- Coeficiente de ocupación de la estructura C_4 : Depende de la utilización o la finalidad que se le dé al edificio. También valora el grado de dificultad en la evacuación del edificio. Si se trata de un edificio muy frecuentado o de importancia elevada, el valor será mayor.
- Coeficiente de impacto ambiental C_5 : Varía en función de las consecuencias que pueda causar al entorno el posible deterioro del edificio, teniendo en cuenta así las repercusiones medioambientales. Este coeficiente será elevado si el edificio estudiado genera un daño grave en su entorno en caso accidental.

Se comprueba pues que cada uno de estos coeficientes será mayor cuanto más importancia tenga la estructura en cuanto a los diferentes asuntos estudiados. Una vez calculados dichos factores, podremos hallar N_a de manera que: $N_a = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{C}$ siendo $C = \prod C_i$.

A.12.1 Necesidad del Dispositivo de Protección y nivel de protección

El objetivo de calcular estos dos coeficientes radica en la comparación de ambos, de manera que se pueda determinar la necesidad de instalación de estos dispositivos. Si $N_e > N_a$ se instalará el correspondiente Pararrayos con Dispositivo de Cebado (PDC), ya que la frecuencia esperada de rayos sobre el edificio sería mayor que la aceptada por el mismo. En caso contrario no sería necesario ningún tipo de actuación contra este efecto natural.

Además se deberá hallar el nivel de protección que hay que tomar, dependiendo del grado de seguridad calculado: $E = 1 - \frac{N_a}{N_e}$ de forma que cuanto mayor sea la diferencia entre estos dos coeficientes, mayor nivel de seguridad ha de tomarse y por tanto resultará más costosa la instalación del dispositivo pararrayos.

- Si $E \geq 0.98$ significará que el edificio analizado tendrá una gran diferencia entre la frecuencia aceptada y la esperada y, por tanto, habrá que instalar un dispositivo de cebado de nivel 1 o máxima seguridad.
- Si $E \geq 0.95$ será de nivel 2 o alta seguridad.
- Si $E \geq 0.8$ será de nivel 3 o media seguridad.
- Para cualquier otro valor de E se tomará el nivel 4 o baja seguridad, ya que no habrá tanta diferencia entre los dos valores.

A.12.2 Radio de protección

Por último, cabe señalar que, dependiendo del pararrayos con dispositivo de cebado seleccionado, se tendrá un radio de protección determinado que se caracteriza por la siguiente fórmula:

$$R_p = \sqrt{2 \times D \times h - h^2 + \Delta L \times (2D + \Delta L)} \quad (\text{A.26})$$

siendo:

- D: Distancia de cebado (m)
- ΔL : Avance en el cebado (m)
- h: Altura en relación con la superficie a proteger, medida desde la punta del pararrayos (punto más alto) (m)

Como podemos comprobar a través de catálogos de fabricantes, este radio de protección dependerá esencialmente del nivel de seguridad que se crea conveniente tomar.

A.12.3 Bajantes del Pararrayos

Se utilizan para derivar la intensidad del rayo hacia tierra. La norma recomienda minimizar la longitud de las bajantes de los PDC y que sean lo más rectilíneas posibles, evitando así cualquier acodamiento o remonte brusco. Además, estas bajantes se instalarán en el exterior del edificio, alejado de conducciones eléctricas o de gas. Cada pararrayos estará unido a tierra con dos bajantes como mínimo, una en cada fachada del edificio a ser posible.

A.12.4 Resultados Pararrayos

Una vez analizado el procedimiento de elección del dispositivo de protección contra el rayo, se muestran en este apartado los resultados obtenidos para la instalación eléctrica en estudio. En esta hoja se exponen primeramente los cálculos para la obtención de los coeficientes N_e y N_a y por último el grado de seguridad, que define el nivel de protección que tendrá el pararrayos instalado.

PROTECCIÓN ANTE IMPACTOS DE RAYO

Será necesaria una instalación cuando $N_e > N_a$

	Descripción	Tipo	Valor
N_g	Coef. Geográfico	Densidad de impactos sobre el terreno (ver en mapa)	1,50
A_e	Sup. De captura	Línea delimitada por el perímetro + 3H	52000,00
C1	Situación	Rodeado de edificios más bajos	0,75
C2	Estructura	Estructura metálica - Cubierta metálica	0,50
C3	Material int.	Otros contenidos	1,00
C4	Uso	Resto de edificios	1,00
C5	Importancia	Edificios cuyo deterioro genera consecuencias graves	5,00

N_e	0,0585
N_a	0,0022

HAY QUE INSTALAR UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

TIPO DE INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN ANTE IMPACTOS DE RAYO NECESARIA $E=1-(N_a/N_e)$

	Tipo
E=	0,962393162 Nivel 2 Alta Seguridad

COEFICIENTES

C1	
Proximo a otro edificio o árboles de la misma altura o más bajos	0,50
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1,00
Aislado sobre una colina o promontorio	2,00

C2	
Estructura metálica - Cubierta metálica	0,50
Estructura metálica - Cubierta de hormigón	1,00
Estructura metálica - cubierta de madera	2,00
Estructura de hormigón - Cubierta metálica	1,00
Estructura de hormigón - Cubierta de hormigón	1,00
Estructura de hormigón - cubierta de madera	2,50
Estructura de madera - Cubierta metálica	2,00
Estructura de madera - Cubierta de hormigón	2,50
Estructura de madera - cubierta de madera	3,00

C3	
Edificio con contenido inflamable	3,00
Otros contenidos	1,00

C4	
Edificios no ocupados normalmente	0,50
Usos publica concurrencia, sanitario, comercial, docente	3,00
Resto de edificios	1,00

C5	
Edificios cuyo deterioro genera consecuencias graves	5,00
Resto de edificios	1,00

Coef.
Geográfico
0,00
0,50
1,00
1,50
2,00
2,50
3,00
4,00
5,00

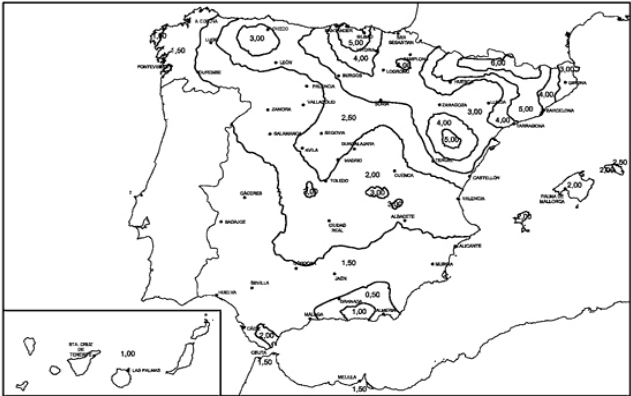


Figura 1.1 Mapa de densidad de impactos sobre el terreno N_g

A.13 Instalación de puesta a tierra de protección

La última hoja con la que nos encontramos en nuestro documento de cálculo se trata de la hoja "Instalación de tierras" que tiene como misión el dimensionado de la red de tierra de protección y de servicio. La ITC-BT-18 que aparece en el REBT pretende regular esta acción. La instalación de puesta a tierra previene a las personas de corrientes peligrosas provocadas por contacto indirecto o por corrientes estáticas acumuladas (también tratadas como contacto indirecto). Tiene como fin evitar que una corriente de defecto (fuga) generada accidentalmente o una corriente de descarga de origen atmosférico dañe a los equipos conectados en nuestra instalación y esta se derive al terreno a través de la instalación de puesta a tierra. Además se impiden las diferencias de potencial peligrosas en toda la instalación.

La puesta a tierra de protección de la instalación tiene tres objetivos fundamentales:

- Limitar la tensión de las masas metálicas con respecto a tierra.
- Asegurar la actuación de las protecciones en caso de fallo.
- Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

En la instalación de puesta a tierra se clavará o enterrará una pica (barra metálica) o electrodo (cable desnudo en forma de anillo) que estará continuamente en contacto directo con el terreno, de manera que los cables que configuran la instalación de puesta a tierra estarán unidos directamente con esta pica o electrodo.

A.13.1 Régimen de neutro y objetivo

Antes de comenzar a analizar como se dimensiona la puesta a tierra de protección, cabe señalar que el régimen de neutro elegido es TT, en el que tanto el neutro (primera letra) como las masas (segunda letra) están conectadas directamente a tierra, ambos de forma separada o independiente. Este régimen requiere el uso de 5 conductores en toda la instalación (3 fase+1 neutro+1 protección) y de interruptores diferenciales para la protección frente a contactos indirectos. Sin embargo, el mantenimiento es reducido y las intensidades de defecto fase-masa y fase-tierra son mucho menores que las de cortocircuito. El bucle de defecto incluye la resistencia puesta a tierra.

En estos tipos de esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas. El esquema de este tipo de régimen de neutro se muestra en la figura A.7.

A.13.2 Características del terreno

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Teniendo esto en cuenta, lo primero a valorar será determinar o estimar la resistividad

del terreno en función del tipo de suelo con el que nos encontramos, siguiendo la figura A.8. En caso de encontrarse con un rango de resistividades, se recomienda situarnos en el caso más desfavorable para hacer más segura nuestra instalación.

Además, según la ITC-BT-18.12 se valorará la posibilidad de poner al descubierto los electrodos de tierra cada cinco años para su revisión, dependiendo de si el terreno es favorable para la conservación de los mismos.

A.13.3 Características de la toma de tierra

Se instalará un sistema de puesta a tierra que estará formado por los siguientes elementos:

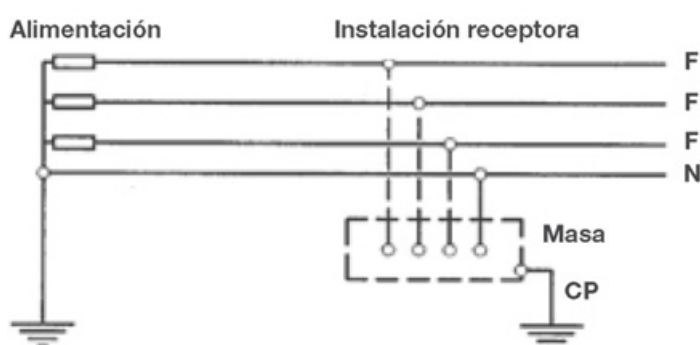


Figura A.7 Esquema de régimen de neutro TT.

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM·M
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

Figura A.8 Resistividad del terreno en función del suelo.

- Placa enterrada
- Pica vertical
- Conductor enterrado horizontalmente

El cable será de clase 2 según la UNE 21.022.

A.13.4 Fórmulas para la resistencia

Utilizaremos las siguientes expresiones, rescatadas de la tabla 5 de la ITC-BT-18, para calcular las diferentes resistencias de los elementos empleados en la instalación de puesta a tierra:

- Para una placa enterrada: $R = 0.8 \times \frac{\rho}{P}$ donde ρ es la resistividad del terreno (en $\Omega \times m$), P es el perímetro de la placa (m) y R la resistencia de la propia placa.
- Para una pica vertical: $R = \frac{\rho}{L}$ en este caso L es la longitud de la pica (m).
- Para un conductor enterrado horizontalmente: $R = 2 \times \frac{\rho}{L}$ donde L es la longitud del conductor enterrado (m).

En el caso de existir varias picas conectadas en paralelo y/o con cable desnudo, el inverso de la resistencia total de puesta a tierra será igual a la suma de los inversos de cada resistencia por separado.

A.13.5 Tensión de contacto

El REBT, en la ITC-BT-18.9 indica la forma de dimensionar el electrodo de manera que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso. Dicho valor se establecerá de manera que ninguna de las masas de la instalación dé lugar a tensiones de contactos superiores a:

- 24 V: en local o emplazamiento conductor.
- 50 V: en los demás casos.

Se admite superar esta tensión de contacto si se asegura la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuado (interruptores diferenciales).

Para cumplir los límites establecidos, el valor de la resistencia de tierra tendrá que establecerse en función de la sensibilidad del diferencial, siguiendo la siguiente fórmula:

$$R_t \leq \frac{U_c}{I_{dif}} \quad (A.27)$$

donde U_c es la tensión de contacto máxima permitida y I_{dif} es la mínima corriente de defecto para la cual actúa el diferencial, es decir, su sensibilidad. Este valor es el que tendrá la resistencia total de la instalación de la toma de tierra. Dimensionaremos nuestra toma de tierra con este valor máximo calculado.

A.13.6 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra

Establecidas las especificaciones que debe cumplir nuestra instalación de puesta a tierra, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones para el cálculo de la resistencia final:

- El conjunto de picas y el anillo están siempre en paralelo respecto de tierra, esto hace que la resistencia total sea: $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_p}$ donde R_c y R_p son respectivamente las resistencias del conductor enterrado y de la pica.
- Se colocarán picas verticales de 2m cada 50m de cable enterrado.
- Se tomarán las fórmulas expuestas en el apartado A.13.4 para picas verticales y conductor enterrado.

Llegamos así a la fórmula final para el cálculo de la resistencia total, que nunca excederá el límite marcada en el apartado A.13.5.

$$R_{pat} = \frac{1}{\frac{L}{2 \times \rho} + \frac{2 \times n_{picas}}{\rho}} \quad (A.28)$$

donde:

- R_{pat} : Resistencia total de puesta a tierra.
- L : Longitud del conductor enterrado y de las picas.
- ρ : Resistividad del terreno.
- n_{picas} : Número de picas colocadas.

A.13.7 Puesta a tierra de servicio

Por último, cabe comentar que en una instalación podrá existir una puesta a tierra de servicio y una puesta a tierra de protección. Se entenderá por puesta a tierra de servicio la de un punto de alimentación, en este caso el neutro del transformador que alimenta nuestra instalación. La tierra de protección se refiere a la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito activo pero que, por un defecto, puede quedar bajo tensión (masa).

El conductor neutro de cada instalación de consumo deberá conectarse a una puesta a tierra de servicio. El propio esquema TT que sigue nuestra instalación obliga al neutro del transformador a estar conectado a tierra. Esto permite cerrar el bucle de defecto, ya que es el camino de vuelta de baja impedancia de la corriente de fuga y asegurar por tanto el correcto funcionamiento del diferencial. Tiene también otras funciones como fijar un potencial de referencia para el neutro (importante en sistemas desequilibrados en fases).

El método de dimensionamiento de la puesta a tierra de servicio es análogo al ya desarrollado para la puesta a tierra de protección.

A.13.8 Resultados Instalación de Tierras

En el documento a continuación mostrado se muestra el valor de las resistencias de puesta a tierra de protección y servicio, dependiendo de la resistividad del terreno, la longitud del conductor y el número de picas. Para ello se sigue el procedimiento mostrado en los apartados anteriores.

Dimensionado de la red de tierra de protección

Longitud de conductor enterrado:	800 m	
Número de picas verticales de 2m:	14 uds.	(Cada 50 m de cable enterrado)
Resistividad del terreno:	44,6 ohmios*m	
Resistencia de puesta a tierra:	0,10420561 ohmios	
Longitud de conductor enterrado:	15 m	
Número de picas verticales de 2m:	3 uds.	(Tres picas en triángulo con separación de 5 m)
Resistividad del terreno:	44,6 ohmios*m	
Resistencia de puesta a tierra de servicio:	3,3037037 ohmios	

Anexo de base de precios

B.1 Introducción

En este anexo se incluirán los precios descompuestos de todos los elementos que forman parte del estudio realizado en este trabajo, tanto de la instalación mediante líneas independientes ya diseñada como del nuevo sistema de blindobarras que se pretende implantar en la instalación, para proceder posteriormente a la comparación de ambos precios mediante el análisis económico del problema.

Todos los precios referidos tanto a canalizaciones como a cables, para ambas alternativas, serán precios por metro de material, es decir, el precio total de la descomposición de cada canalización o cada cable estará referido a un metro de instalación de dicho material.

B.2 Precios descompuestos líneas independientes

Para el caso de la alimentación mediante líneas independientes, estudiaremos económicamente los siguientes componentes:

- Cuadros: Para los diferentes embarrados de los cuadros desde los que parten las líneas, se tendrán en cuenta los siguientes elementos ubicados dentro del mismo
 - Bloque en el que se ubica el interruptor general del cuadro.
 - Interruptor general del cuadro.
 - Interruptores magnetotérmicos que protegen a las líneas que salen del cuadro.
 - Interruptores diferenciales, si procede.
 - Interruptores seccionadores, si procede.

- Analizador de red.
 - Envolvente de los embarrados.
 - Pequeño material y piezas complementarias.
 - Personal laboral dedicado a la ejecución del cuadro.
- Canalizaciones: Los cables que salen de los cuadros estudiados y que alimentan a otros cuadros discurren por canalizaciones a lo largo de todo su recorrido. Este elemento ha de ser contabilizado económicamente. Las canalizaciones utilizadas son:
 - Bandeja metálica de rejilla, de diferentes secciones. Se utiliza para la distribución de la energía eléctrica en el edificio.
 - Pequeños materiales y piezas complementarias.
 - Cuadrilla formada por un oficial y personal de albañilería.
- Cable conductor: se trata del elemento que permite conducir la energía eléctrica y que va protegido por la canalización. Los cables pueden ser RZ1-K (AS) o SZ1-K(AS+), aunque en este caso se utilizan solo los primeros. Tienen variedad de secciones y en estos costes se contabilizarán:
 - Cable de cobre: Caracterizado por su sección.
 - Pequeño material.
 - Electricista.

Para la exposición de dichos precios, se seguirán las siguientes indicaciones:

- Primeramente, se exponen los precios descompuestos para los cuadros generales del sótano, utilizando como referencia el esquema unifilar y contando con todos los elementos que conforman el cuadro. Para estos cuadros, hemos de descontar los elementos pertenecientes al embarrado de SAI, ya que no entran en el estudio realizado. En este subapartado se tendrá también en cuenta el precio del cuadro de alumbrado y fuerza que alimentará los laboratorios, con sus 3 embarrados correspondientes.
- A continuación se muestran los precios descompuestos para todas las canalizaciones y los cables utilizados en la salida de los cuadros en estudio. Se tendrá en cuenta el precio de la bandeja o cable, del oficial y del pequeño material necesario para su instalación.

B.3 Precios descompuestos blindobarras

En el análisis económico de la instalación mediante sistemas de blindobarras se han de tener en cuenta los siguientes elementos:

- Cuadros: Se contabilizarán los mismos componentes que en el caso anterior, con el supuesto ahorro en la cantidad de interruptores a instalar.
- Canalización y cable: Se tendrán en cuenta de manera conjunta, ya que la blindobarra es una canalización prefabricada que aloja a las láminas de cobre o aluminio que actúan como conductor de la energía eléctrica. Este coste estará marcado por la longitud de ésta, así como por la intensidad nominal que circule. Se tendrán en cuenta además pequeños materiales y personal instalador.
- Cajas de derivación: Habrá tantas cajas de derivación como nodos se empleen en la instalación de las blindobarras. En el catálogo se utilizan blindobarras con derivaciones cada cierto número de metros, por lo que las cajas de derivación se incluirán directamente en el presupuesto de las propias blindobarras.
- Cable directo a cuadro: Se tendrá en cuenta el cable conductor que partirá desde la blindobarra hasta el cuadro, así como la canalización de tubo sobre la que discurrirá.

Para mostrar los precios descompuestos de las blindobarras se procede de la siguiente manera:

- Análogo al apartado anterior, se comienza por el presupuesto referido a los propios cuadros en estudio. En este caso no se tiene un interruptor magnetotérmico que protege a cada línea, sino una protección única para la blindobarra que parte del cuadro, además del interruptor general del cuadro. Por ello tendremos 4 interruptores para los casos de cuadros generales del sótano (dos por embarrado) y 6 para el CP3B2AFPL. Presumiblemente, el coste de estos cuadros quedará reducido, ya que aminora la cantidad de interruptores así como la envolvente a utilizar. Esta descomposición se expone de forma comparativa a la anterior, para poder observar claramente los elementos que varían de una a otra composición.
- A continuación se muestra el precio descompuesto de las blindobarras y de las canalizaciones bajo tubo utilizadas para alimentar al cuadro desde la blindobarra. También se mostrarán los cables utilizados, aunque son de la misma sección que para el caso anterior.

B.4 Resultados

Se mostrarán en las siguientes páginas los precios descompuestos para los cuadros que forman parte del problema, teniendo en cuenta todos los elementos que pertenecen al cuadro (envolvente, analizador de red, interruptor, etc) para los dos casos en estudio. Además se exponen los precios descompuestos de todas las canalizaciones y cables utilizados en ambos sistemas de distribución.

Primeramente, de forma comparativa se expone el precio descompuesto para los cuadros en ambos casos, incluyendo todos los elementos que puedan formar parte de una u otra opción y obteniendo así un primer

ahorro en el presupuesto de los cuadros para el caso de las blindobarras, debido a la utilización de un número menor de interruptores.

Por último se expone el precio descompuesto para todas las canalizaciones y cables que se emplean en el problema, incluyendo todos los elementos que se necesitan para su ejecución (pequeño material, electricista, la propia canalización o cable, etc).

Comparativa de Precios Descompuestos

				LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
CUADROS									
CGS1B1									
109 08ECU695	Ud	Cuadro General del Bloque 1 CGS1B1, incluyendo todos los elementos necesarios (incluso cableado complementario entre Grupo y SAI) para la conexión de la SAI, segun esquema unifilar,, 1 Armario metálico de doble envolvente con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta La aparamenta será de algunas de las marcas Merlin Guerin, ABB, Möeller o SIEMENS, la envolvente podrá ser de Merlin Guerin, Möeller o ABB o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa. Todos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto, que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso le poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. l incluso cableado interior de todos sus elementos según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y elementos de conexión al sistema de control centralizado, rotulación exterior con esquema unifilar, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.				13.543,49	11.723,67		
PIMT48	Ud	Int. Caja mold. de 4X400 A, 45 KA	1,00	1.908,54	1.908,54	1,00	1.908,54	1.908,54	
PIDO24	Ud	Bloque Dif. Vigui 4x400 A. 0.3-30 A ret. reg.	1,00	865,46	865,46	1,00	865,46	865,46	
PIDO22	Ud	Bloque Dif. Vigui 4x160 A. 0.03-10 A ret. reg	1,00	439,94	439,94	1,00	439,94	439,94	
PIAR001	Ud	Analizador de red, energía RS-485.	2,00	576,97	1.153,94	2,00	576,97	1.153,94	
PIMT421	Ud	Int. Caja mold. de 4X250 A, 36 KA R-200	0,00	875,51	0,00	1,00	875,51	875,51	
PIMT39	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 KA R-160	2,00	366,62	733,24	1,00	366,62	366,62	
PIMT42	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 KA R-125	1,00	366,62	366,62	0,00	366,62	0,00	
PIMT1B19	Ud	Int. Magnetotérmico 4x100 A. C. DIN 10 kA.	0,00	145,46	0,00	1,00	145,46	145,46	
PIMT337	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 25 KA. R63	1,00	272,12	272,12	0,00	272,12	0,00	
PIMT335	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 25 KA. R50	1,00	272,12	272,12	0,00	272,12	0,00	
PIMT331	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 25 KA. R40	7,00	223,33	1.563,31	0,00	223,33	0,00	
PMRG01	Ud	Elementos, cableado y conexionado Red-Grupo	1,00	570,96	570,96	1,00	570,96	570,96	
PENA012	Ud	Envolvente 800x2000x600 completa embarr.	2,00	1.438,82	2.877,64	2,00	1.438,82	2.877,64	
WW00300	Ud	Material complementario o piezas	1.200,00	0,61	732,00	1.200,00	0,61	732,00	
WW00400	Ud	Pequeño Material.	800,00	0,29	232,00	800,00	0,29	232,00	

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
08OAX070		h	Cuadrilla formada por un oficial	40,00	38,89	1.555,60	40,00	38,89	1.555,60
			Costes directos			13.543,49			11.723,67
			Coste Total			13.543,49			11.723,67

CGS1B2									
110 08ECU696	Ud	Cuadro General del Bloque 2 CGS1B2, incluyendo todos los elementos necesarios (incluso cableado complementario entre Grupo y SAI) para la conexión de la SAI, según esquema unifilar,. 1 Armario metálico de doble envoltivo con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta La aparamenta será de algunas de las marcas Merlin Guerin, ABB, Möeller o SIEMENS, la envoltivo podrá ser de Merlin Guerin, Möeller o ABB o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa. Todos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso el poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. Incluso cableado interior de todos sus elementos según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y elementos de conexión al sistema de control centralizado, rotulación exterior con esquema unifilar, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.				26.082,04		22.479,81	
PIMT56	Ud	Int. Caja mold. 4X1250 A, 50 KA relé elec.	1,00	5.726,28	5.726,28	2,00	5.726,28	11.452,56	
PIMT48	Ud	Int. Caja mold. de 4X400 A, 45 KA	1,00	1.908,54	1.908,54	1,00	1.908,54	1.908,54	
PID024	Ud	Bloque Dif. Vigui 4x400 A. 0.3-30 A ret. reg.	1,00	865,46	865,46	1,00	865,46	865,46	
PID052	Ud	Relé Diferencial reg. externo toroidal 200.	1,00	764,49	764,49	1,00	764,49	764,49	
PIAR001	Ud	Analizador de red, energía RS-485.	2,00	576,97	1.153,94	2,00	576,97	1.153,94	
PIMT420	Ud	Int. Caja mold. de 4X250 A, 36 KA R-250	1,00	895,51	895,51	0,00	895,51	0,00	
PIMT51	Ud	Int. Caja mold. de 4X630 A, 50 kA relé elect.	1,00	1.938,59	1.938,59	0,00	1.938,59	0,00	
PIMT39	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 KA R-160	4,00	366,62	1.466,48	1,00	366,62	366,62	
PIMT301	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 36 KA R-80 A.	2,00	228,81	457,62	0,00	228,81	0,00	
PIMT303	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 36 KA R-50 A.	5,00	228,81	1.144,05	0,00	228,81	0,00	
PIMT304	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 36 KA R-40 A.	4,00	228,81	915,24	0,00	228,81	0,00	
PMRG01	Ud	Elementos, cableado y conexionado Red-Grupo	1,00	570,96	570,96	1,00	570,96	570,96	
PENA012	Ud	Envoltivo 800x2000x600 completa embarr.	4,00	1.438,82	5.755,28	2,00	1.438,82	2.877,64	
WW00300	Ud	Material complementario o piezas	1.200,00	0,61	732,00	1.200,00	0,61	732,00	

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	800,00	0,29	232,00	800,00	0,29	232,00
	08OAX070	h	Cuadrilla formada por un oficial	40,00	38,89	1.555,60	40,00	38,89	1.555,60
			Costes directos			26.082,04			22.479,81
			Coste Total			26.082,04			22.479,81

CGS1B3

111 08ECU697	Ud	Cuadro General del Bloque 3 CGS1B3, incluyendo todos los elementos necesarios (incluso cableado complementario entre Grupo y SAI) para la conexión de la SAI, según esquema unifilar, 1 Armario metálico de doble envoltorio con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta La aparamenta será de algunas de las marcas Merlin Guerin, ABB, Möeller o SIEMENS, la envoltorio podrá ser de Merlin Guerin, Möeller o ABB o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa. TTodos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso le poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. Incluso cableado interior de todos sus elementos según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y elementos de conexión al sistema de control centralizado, rotulación exterior con esquema unifilar, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.	15.109,64	14.181,64				
PIMT54	Ud	Int. Caja mold. de 4X800 A, 50 K relé elec.	1,00	2.742,42	2.742,42	2,00	2.742,42	5.484,84
PID052	Ud	Relé Diferencial reg. externo toroidal 200.	1,00	764,49	764,49	1,00	764,49	764,49
PIMT36	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 K	1,00	224,77	224,77	1,00	224,77	224,77
PID022	Ud	Bloque Dif. Vigui 4x160 A. 0.03-10 A ret. reg	1,00	439,94	439,94	1,00	439,94	439,94
PIAR001	Ud	Analizador de red, energía RS-485.	2,00	576,97	1.153,94	2,00	576,97	1.153,94
PIMT51	Ud	Int. Caja mold. de 4X630 A, 50 kA relé elect.	1,00	1.938,59	1.938,59	0,00	1.938,59	0,00
PIMT39	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 KA R-160	2,00	366,62	733,24	0,00	366,62	0,00
PIMT1B19	Ud	Int. Magnetotérmico 4x100 A. C. DIN 10 kA.	0,00	145,46	0,00	1,00	145,46	145,46
PIMT302	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 36 KA R-63 A.	1,00	228,81	228,81	0,00	228,81	0,00
PIMT303	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 36 KA R-50 A.	2,00	228,81	457,62	0,00	228,81	0,00
PIMT304	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 36 KA R-40 A.	2,00	228,81	457,62	0,00	228,81	0,00
PMRG01	Ud	Elementos, cableado y conexionado Red-Grupo	1,00	570,96	570,96	1,00	570,96	570,96

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
	PENA012	Ud	Envolvente 800x2000x600 completa embarr.	2,00	1.438,82	2.877,64	2,00	1.438,82	2.877,64
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	1.200,00	0,61	732,00	1.200,00	0,61	732,00
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	800,00	0,29	232,00	800,00	0,29	232,00
	08OAU070	h	Cuadrilla formada por un oficial	40,00	38,89	1.555,60	40,00	38,89	1.555,60
			Costes directos			15.109,64			14.181,64
			Coste Total			15.109,64			14.181,64

CGS1B4

112 08ECU698	Ud	Cuadro General del Bloque 4 CGS1B4, incluyendo todos los elementos necesarios (incluso cableado complementario entre Grupo y SAI) para la conexión de la SAI, según esquema unifilar,. 1 Armario metálico de doble envoltente con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta La aparamenta será de algunas de las marcas Merlin Guerin, ABB, Möeller o SIEMENS, la envoltente podrá ser de Merlin Guerin, Möeller o ABB o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa. Todos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso le poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. Incluso cableado interior de todos sus elementos según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y elementos de conexión al sistema de control centralizado, rotulación exterior con esquema unifilar, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.				18.266,15	13.860,15	
PIMT48	Ud	Int. Caja mold. de 4X400 A, 45 KA	1,00	1.908,54	1.908,54	2,00	1.908,54	3.817,08
PIMT420	Ud	Int. Caja mold. de 4X250 A, 36 KA R-250	1,00	895,51	895,51	1,00	895,51	895,51
PID024	Ud	Bloque Dif. Vigui 4x400 A. 0.3-30 A ret. reg.	1,00	865,46	865,46	1,00	865,46	865,46
PID023	Ud	Bloque Dif. Vigui 4x250 A. 0.03-10 A ret. reg	1,00	793,34	793,34	1,00	793,34	793,34
PIAR001	Ud	Analizador de red, energía RS-485.	2,00	576,97	1.153,94	2,00	576,97	1.153,94
PIMT39	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 KA R-160	1,00	366,62	366,62	1,00	366,62	366,62
PIMT42	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 KA R-125	1,00	366,62	366,62	0,00	366,62	0,00
PIMT337	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 25 KA. R63	3,00	272,12	816,36	0,00	272,12	0,00
PIMT335	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 25 KA. R50	5,00	272,12	1.360,60	0,00	272,12	0,00
PIMT331	Ud	Int. Caja mold. 4x100 A, 25 KA. R40	4,00	223,33	893,32	0,00	223,33	0,00

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
	PMRG01	Ud	Elementos, cableado y conexionado Red-Grupo	1,00	570,96	570,96	1,00	570,96	570,96
	PENA012	Ud	Envolvente 800x2000x600 completa embarr.	4,00	1.438,82	5.755,28	2,00	1.438,82	2.877,64
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	1.200,00	0,61	732,00	1.200,00	0,61	732,00
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	800,00	0,29	232,00	800,00	0,29	232,00
	08OAX070	h	Cuadrilla formada por un oficial	40,00	38,89	1.555,60	40,00	38,89	1.555,60
			Costes directos			18.266,15			13.860,15
			Coste Total			18.266,15			13.860,15

CP3B2AFPL

76	08ECU662	Ud	Cuadro Planta 3 Bloque 2 Alumbrado y Fuerza de Planta, CP3B2AFPL, según esquema unifilar con las siguientes características: 1 Armario metálico de doble envolvente, con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta con llave. La apartamenta será de Merlin Gerin, ABB, Möeller o Siemens la envolvente de Merlin Gerin, Möeller o ABB, o equivalentes a aprobar por la Dirección de Facultativa. Todos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso le poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. Incluso cableado interior de todos sus elementos mediante canaleta de PVC según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y para los contactos de señalización al sistema de control, etiquetado de cables, rotulación exterior con esquema unifilar, conexionado con terminales, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.	5.106,65				2.549,25	
	PID005	Ud	Int. Diferencial 4X40 A 30 mA	21,00	78,85	1.655,85	0,00	78,85	0,00
	PID011	Ud	Bloque Dif. Vigui 4X100 A 30 mA	0,00	109,31	0,00	3,00	109,31	327,93
	PIMT1B16	Ud	Int. Magnetotérmico 4x65 A. C. DIN 10 kA.	1,00	101,25	101,25	1,00	101,25	101,25
	PIMT1B15	Ud	Int. Magnetotérmico 4x40 A. C. DIN 10 kA	15,00	74,74	1.121,10	1,00	74,74	74,74
	PIMT1A26	Ud	Int. Magnetotérmico 4x40 A. 15 kA.	7,00	58,45	409,15	0,00	58,45	0,00
	PIMT1B19	Ud	Int. Magnetotérmico 4x100 A. C. DIN 10 kA.	0,00	145,46	0,00	3,00	145,46	436,38
	PIMT39	Ud	Int. Caja mold. de 4X160 A, 36 KA R-160	1,00	366,62	366,62	1,00	366,62	366,62
	PEN004	Ud	Envolvente con embarrado, bornas 144 elem.	4,00	210,35	841,40	3,00	210,35	631,05
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	180,00	0,61	109,80	180,00	0,61	109,80
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	120,00	0,29	34,80	120,00	0,29	34,80

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
08O AUX070		h	Cuadrilla formada por un oficial	12,00	38,89	466,68	12,00	38,89	466,68
			Costes directos			5.106,65			2.549,25
			Coste Total			5.106,65			2.549,25

Nº Orden	Código	Unidad	Descripción	Medición	Precio	Importe
CANALIZACIONES						
3	08EBMR02	MI	Bandeja metálica de rejilla 100x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			11,87
	PJBMR2	m	Bandeja metálica de rejilla 100x60	1,00	5,17	5,17
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,25	19,85	4,96
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	6,00	0,29	1,74
			Costes directos			11,87
			Coste Total			11,87
4	08EBMR04	MI	Bandeja metálica de rejilla 300x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			18,31
	PJBMR4	m	Bandeja metálica de rejilla 300x60	1,00	9,62	9,62
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,35	19,85	6,95
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	6,00	0,29	1,74
			Costes directos			18,31
			Coste Total			18,31

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
5	08EBMR07	MI	Bandeja metálica de rejilla 200X60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			15,81			
	PJBMR7	m	Bandeja metálica de rejilla 200x60	1,00	8,11	8,11			
	TO01800	h	OF. 1º ELECTRICISTA	0,30	19,85	5,96			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	6,00	0,29	1,74			
			Costes directos			15,81			
			Coste Total			15,81			
6	08EBMR10	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x100 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			18,20			
	PJBMR10	m	Bandeja metálica de rejilla 200x100	1,00	8,52	8,52			
	TO01800	h	OF. 1º ELECTRICISTA	0,40	19,85	7,94			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	6,00	0,29	1,74			
			Costes directos			18,20			
			Coste Total			18,20			
7	08EBMR11	MI	Bandeja metálica de rejilla 300x100 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			20,31			
	PJBMR11	m	Bandeja metálica de rejilla 300x100	1,00	10,63	10,63			
	TO01800	h	OF. 1º ELECTRICISTA	0,40	19,85	7,94			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	6,00	0,29	1,74			
			Costes directos			20,31			
			Coste Total			20,31			

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
128	08ETPR01	m	Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.			5,04			
	P18809	m	Tubo PVC. rígido diámetro M16,	1,00	0,40	0,40			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	1,00	0,61	0,61			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	0,50	0,29	0,15			
	08OAU070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,10	38,89	3,89			
			Costes directos			5,04			
			Coste Total			5,04			
129	08ETPR02	m	Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.			6,27			
	P18810	m	Tubo PVC. rígido diámetro M20,	1,00	0,49	0,49			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	1,50	0,61	0,92			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	0,70	0,29	0,20			
	08OAU070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,12	38,89	4,67			
			Costes directos			6,27			
			Coste Total			6,27			
130	08ETPR03	m	Canalización de diámetro M25 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.			7,97			
	P18811	m	Tubo PVC. rígido diámetro M25,	1,00	0,63	0,63			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	2,00	0,61	1,22			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	1,00	0,29	0,29			
	08OAU070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,15	38,89	5,83			

Comparativa de Precios Descompuestos

				LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
Costes directos				7,97					
131	08ETPR04	m	Canalización de diámetro M32 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.	9,77					
	P18812	m	Tubo PVC. rígido diámetro M32,	1,00	0,87	0,87			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	2,50	0,61	1,53			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	1,30	0,29	0,38			
	08OAU070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,18	38,89	7,00			
Costes directos				9,77					
Coste Total				9,77					
1320	08ETPR05	m	Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.	11,34					
	P18813	m	Tubo PVC. rígido diámetro M40,	1,00	1,30	1,30			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	3,00	0,61	1,83			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	1,50	0,29	0,44			
	08OAU070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,20	38,89	7,78			
Costes directos				11,34					
Coste Total				11,34					
1321	08ETPR06	m	Canalización de diámetro M50 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.	13,68					
	P18814	m	Tubo PVC. rígido diámetro M50,	1,00	2,08	2,08			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	3,50	0,61	2,14			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	1,80	0,29	0,52			

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
	08OAUx070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,23	38,89	8,94			
			Costes directos			13,68			
			Coste Total			13,68			
133	08ETPR07	m	Canalización de diámetro M63 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.			16,64			
	P18815	m	Tubo PVC. rígido diámetro M63,	1,00	3,48	3,48			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	4,00	0,61	2,44			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	2,10	0,29	0,61			
	08OAUx070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,26	38,89	10,11			
			Costes directos			16,64			
			Coste Total			16,64			
134	08ETPR08	m	Canalización de diámetro M75 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.			20,99			
	P18816	m	Tubo PVC. rígido diámetro M75,	1,00	5,88	5,88			
	WW00300	Ud	Material complementario o piezas	4,50	0,61	2,75			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	2,40	0,29	0,70			
	08OAUx070	h	Cuadrilla formada por un oficial	0,30	38,89	11,67			
			Costes directos			20,99			
			Coste Total			20,99			
BLINDOBARRAS									

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
135	08EBMR12	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KBA 25 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			32,67			
	KBA25ED4302W	m	Elem. Recto 3m, 25A tetra, 2deriv	1,00	27,54	27,54			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,10	19,85	1,99			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,10	19,85	1,99			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	4,00	0,29	1,16			
			Costes directos			32,67			
			Coste Total			32,67			
136	08EBMR13	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 63 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			81,40			
	KNA63ED4303	m	Tramo 3 m., 63A ,Entreeje deriv. 1,5 m	1,00	73,70	73,70			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,15	19,85	2,98			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,15	19,85	2,98			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	6,00	0,29	1,74			
			Costes directos			81,40			
			Coste Total			81,40			
137	08EBMR14	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 100 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			117,16			
	KNA100ED4301	m	Tramo 3 m. 100 A, Entreeje deriv.1,5 m	1,00	106,32	106,32			

Comparativa de Precios Descompuestos

				LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,20	19,85	3,97			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,20	19,85	3,97			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	10,00	0,29	2,90			
			Costes directos			117,16			
			Coste Total			117,16			
138	08EBMR15	MI				153,80			
			Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 160 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Tres derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.						
	KNA160ED4303	m	Tramo 3 m. 160 A, Entreeje deriv.1 m	1,00	139,71	139,71			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,26	19,85	5,16			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,26	19,85	5,16			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	13,00	0,29	3,77			
			Costes directos			153,80			
			Coste Total			153,80			
139	08EBMR16	MI				221,04			
			Canalización eléctrica prefabricada Canalis KS 250 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Tramo de 5 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Diez derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.						
	KSA250ED45010	m	Tramo 5m ,TRI+N+PE,10 deriv. 250A	1,00	198,53	198,53			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,45	19,85	8,93			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,45	19,85	8,93			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	16,00	0,29	4,64			
			Costes directos			221,04			
			Coste Total			221,04			

Comparativa de Precios Descompuestos

				LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
140	08EBMR17	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KS 400 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Tramo de 5 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Diez derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			255,10			
	KSA250ED45010	m	Tramo 5m ,TRI+N+PE,10 deriv. 400A	1,00	230,24	230,24			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,48	19,85	9,53			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,48	19,85	9,53			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	20,00	0,29	5,80			
			Costes directos			255,10			
			Coste Total			255,10			
141	08EBMR18	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KT 800 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 4 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			512,98			
	KTA0800ED4403	m	Elemnt. Recto deriv. 4M, 800A AL	1,00	488,93	488,93			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,35	19,85	6,95			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,35	19,85	6,95			
	TO01800	h	OF. 3ª ELECTRICISTA	0,35	19,85	6,95			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	35,00	0,29	10,15			
			Costes directos			512,98			
			Coste Total			512,98			
142	08EBMR19	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KT 1000 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 4 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.			547,55			

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
	KTA1000ED4403	m	Elemnt. Recto deriv. 4M, 1000A AL	1,00	521,52	521,52			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,40	19,85	7,94			
	TO01800	h	OF. 2ª ELECTRICISTA	0,40	19,85	7,94			
	TO01800	h	OF. 3ª ELECTRICISTA	0,40	19,85	7,94			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	35,00	0,29	10,15			
			Costes directos			547,55			
			Coste Total			547,55			

CABLES

15	08ECEEE12	m	Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			1,04
	PJCE12	m	Cable cobre 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	0,61	0,61
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	0,10	0,29	0,03
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,02	19,85	0,40
			Costes directos			1,04
			Coste Total			1,04
16	08ECEEE13	m	Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			1,56
	PJCE13	m	Cable cobre 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	0,88	0,88
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	0,30	0,29	0,09
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,03	19,85	0,60
			Costes directos			1,56
			Coste Total			1,56

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
17	08ECEEE14	m	Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			2,22			
	PJCE14	m	Cable cobre 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	1,28	1,28			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	0,50	0,29	0,15			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,04	19,85	0,79			
			Costes directos			2,22			
			Coste Total			2,22			
18	08ECEEE15	m	Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			3,09			
	PJCE15	m	Cable cobre 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	1,89	1,89			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	0,70	0,29	0,20			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,05	19,85	0,99			
			Costes directos			3,09			
			Coste Total			3,09			
19	08ECEEE16	m	Conductor de cobre de 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			4,27			
	PJCE16	m	Cable cobre 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	2,79	2,79			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	1,00	0,29	0,29			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,06	19,85	1,19			
			Costes directos			4,27			
			Coste Total			4,27			

Comparativa de Precios Descompuestos

Nº Orden	Código	Ud	Descripción	LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
				Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
20	08ECEEE17	m	Conductor de cobre de 1x50 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			5,59			
	PJCE17	m	Cable cobre 1x50 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	3,77	3,77			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	1,50	0,29	0,44			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,07	19,85	1,39			
			Costes directos			5,59			
			Coste Total			5,59			
21	08ECEEE18	m	Conductor de cobre de 1x70 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			7,20			
	PJCE18	m	Cable cobre 1x70 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	5,12	5,12			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	1,70	0,29	0,49			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,08	19,85	1,59			
			Costes directos			7,20			
			Coste Total			7,20			
22	08ECEEE19	m	Conductor de cobre de 1x95 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			9,13			
	PJCE19	m	Cable cobre 1x95 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	6,76	6,76			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	2,00	0,29	0,58			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,09	19,85	1,79			
			Costes directos			9,13			
			Coste Total			9,13			
24	08ECEEE21	m	Conductor de cobre de 1x150 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			13,79			

Comparativa de Precios Descompuestos

				LINEAS INDEPENDIENTES			BLINDOBARRAS		
Nº Orden	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	Medición	Precio	Importe
	PJCE21	m	Cable cobre 1x150 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	10,54	10,54			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	3,00	0,29	0,87			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,12	19,85	2,38			
			Costes directos			13,79			
			Coste Total			13,79			
25	08ECEEE22	m	Conductor de cobre de 1x185 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.			17,09			
	PJCE22	m	Cable cobre 1x185 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	13,10	13,10			
	WW00400	Ud	Pequeño Material.	3,50	0,29	1,02			
	TO01800	h	OF. 1ª ELECTRICISTA	0,15	19,85	2,98			
			Costes directos			17,09			
			Coste Total			17,09			

Anexo de Mediciones y Presupuesto

C.1 Introducción

Mediante el análisis económico de cada una de las alternativas estudiadas, estableceremos una comparación que servirá de criterio para aceptar o rechazar la implantación de las blindobarras. En este anexo se comparará básicamente el coste en canalización, comparando cable+canalización para el caso de líneas independientes con la canalización prefabricada y los cables bajo tubo directos a cuadro para el caso de blindobarras.

C.2 Mediciones y presupuesto líneas independientes

Lo primero que se ha de calcular para realizar el análisis económico de ambas alternativas es el precio total para la situación ya resuelta en la que se utilizan líneas independientes para alimentar los cuadros.

Para el cálculo de presupuesto y la medición de las unidades de obra que forman parte del problema en estudio, hay que tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Para cada cuadro estudiado, se presupuestarán las canalizaciones que utiliza cada uno de ellos para distribuir la energía eléctrica a su salida. Para dicho propósito se contabilizará la longitud de cada tipo de bandeja utilizada, multiplicada por su precio unitario correspondiente.
- Análogo al subapartado anterior, se realizará el presupuesto para los conductores que salen de cada cuadro y alimentan a otros a lo largo del edificio. Se contarán los cables utilizados para el suministro de red y grupo, eliminando las longitudes y secciones referidas a la alimentación mediante SAI, en el caso de los cuadros generales del sótano.

- Por último, se mostrará un resumen con los precios más significativos, es decir, el presupuesto para el propio cuadro, para las canalizaciones utilizadas y para los cables de alimentación.

C.3 Mediciones y presupuesto blindobarras

Tras el estudio económico para la alternativa ya resuelta de nuestro problema, hemos de completar la comparación mediante el análisis de la alternativa a implantar. Demostrada la viabilidad técnica de este tipo de canalización para la distribución de energía eléctrica, solo queda determinar el presupuesto para esta opción.

Para cada cuadro estudiado, se medirá y presupuestará todo lo referente a las canalizaciones prefabricadas, a las cajas de derivación y a los cables y tubos utilizados para alimentación del cuadro. Se tendrán en cuenta los embarrados de red y grupo para los cuadros generales y los de red, grupo y SAI para el que alimenta a los laboratorios.

Por último, se incluirá en el resumen los resultados obtenidos de este apartado. Para ello se tendrá en cuenta el presupuesto para el propio cuadro, para las blindobarras utilizadas, incluyendo sus derivaciones y para los cables y tubos de alimentación directa a cada cuadro.

C.4 Hoja de resultados de mediciones y presupuestos

En este apartado se procede a mostrar los resultados obtenidos para las dos alternativas en referencia a las canalizaciones y los cables utilizados por ambos.

Una vez obtenidos todos los precios descompuestos se procede a aplicar, para cada alternativa, la medición y presupuesto en lo que se refiere a canalizaciones (incluidas blindobarras) y cables utilizados tanto para líneas independientes (bandejas y conductores de diferente sección) como para blindobarras (tubo y conductores de distinta sección). En esta hoja comparativa se puede observar un claro aumento del precio debido a la utilización de canalizaciones prefabricadas en grandes longitudes.

Por último se realiza un resumen con los presupuestos más importantes para cada caso con el objetivo de mostrar de forma clara qué apartados suponen un ahorro y cuáles un incremento del gasto en la implantación de la solución mediante blindobarras, aplicada a cada cuadro.

LINEAS INDEPENDIENTES										BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
			CGS1B1						21.488,76						50.158,90
	CUADROS								13.543,49						11.723,67
109	08ECU695	Ud	Cuadro General del Bloque 1 CGS1B1, incluyendo todos los elementos necesarios (incluso cableado complementario entre Grupo y SAI) para la conexión de la SAI, según esquema unifilar,. 1 Armario metálico de doble envoltorio con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta La aparamenta será de algunas de las marcas Merlin Guerin, ABB, Möeller o SIEMENS, la envoltorio podrá ser de Merlin Guerin, Möeller o ABB o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa. Todos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto, que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso le poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. Incluso cableado interior de todos sus elementos según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y elementos de conexión al sistema de control centralizado, rotulación exterior con esquema unifilar, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.				1,00	13.543,49	13.543,49				1,00	11.723,67	11.723,67
	CANALIZACIONES								1.910,04						358,13
3	08EBMR02	MI	Bandeja metálica de rejilla 100x60	1,00	98,00	98,00	98,00	11,87	1.163,51	0,00	98,00	0,00	0,00	11,87	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 100x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.												
5	08EBMR07	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x60	1,00	8,00	8,00	8,00	15,81	126,44	0,00	8,00	0,00	0,00	15,81	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 200x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.												

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
4	08EBMR04	MI	Bandeja metálica de rejilla 300x60	1,00	12,00	12,00	12,00	18,31	219,69		0,00	12,00	0,00	0,00	18,31	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 300x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.													
6	08EBMR10	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x100	1,00	22,00	22,00	22,00	18,20	400,40		0,00	22,00	0,00	0,00	18,20	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 200x100 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.													
128			Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	56,00	0,00	0,00	5,04	0,00		1,00	56,00	56,00	56,00	5,04	282,24
	08ETPR01		Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
129			Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	2,00	0,00	0,00	6,27	0,00		1,00	2,00	2,00	2,00	6,27	12,54
	08ETPR02		Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
131			Canalización de diámetro M32 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	3,00	0,00	0,00	9,77	0,00		1,00	3,00	3,00	3,00	9,77	29,32

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	08ETPR03		Canalización de diámetro M32 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. Incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
1320			Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	3,00	0,00	0,00	11,34	0,00		1,00	3,00	3,00	3,00	11,34	34,03
	08ETPR05		Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. Incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
	BLINDOBARRAS								0,00							37.020,69
137	08EBMR14	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 100 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	116,00	0,00	0,00	117,16	0,00		1,00	116,00	116,00	116,00	117,16	13.590,56
139	08EBMR16	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KS 250 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Tramo de 5 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Diez derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	106,00	0,00	0,00	221,04	0,00		1,00	106,00	106,00	106,00	221,04	23.430,13
	CABLES								6.035,23							1.056,41

LINEAS INDEPENDIENTES										BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
15	08ECEE12	m	Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	336,00	1.680,00	1.680,00	1,04	1.740,48	5,00	49,00	245,00	245,00	1,04	253,82
			Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.												
16	08ECEE13	m	Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	97,00	485,00	485,00	1,56	757,81	5,00	7,00	35,00	35,00	1,56	54,69
			Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.												
17	08ECEE14	m	Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	6,00	46,00	276,00	276,00	2,22	612,44	6,00	2,00	12,00	12,00	2,22	26,63
			Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.												
	08ECEE15			1,00	38,00	38,00									
18	08ECEE15	m	Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	4,00	46,00	184,00	222,00	3,09	684,98	4,00	46,00	184,00	184,00	3,09	567,73
			Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.												
19	08ECEE16	m	Conductor de cobre de 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	42,00	42,00	42,00	4,27	179,38	1,00	0,00	0,00	0,00	4,27	0,00
			Conductor de cobre de 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.												

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS						
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	
			Bandeja metálica de rejilla 100x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.														
5	08EBMR07	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x60	1,00	54,00	54,00	54,00	15,81	853,47		0,00	54,00	0,00	0,00	#N/A	15,81	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 200X60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.														
6	08EBMR10	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x100	1,00	12,00	12,00	12,00	18,20	218,40		0,00	12,00	0,00	0,00	18,20	0,00	
			Bandeja metálica de rejilla 200x100 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.														
7	08EBMR11	MI	Bandeja metálica de rejilla 300x100	1,00	119,00	119,00	119,00	20,31	2.416,89		0,00	119,00	0,00	0,00	20,31	0,00	
			Bandeja metálica de rejilla 300x100 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.														
128			Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	38,00	0,00	0,00	5,04	0,00		1,00	38,00	38,00	38,00	5,04	191,67	

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	08ETPR01		Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
129			Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	7,00	0,00	0,00	6,27	0,00		1,00	7,00	7,00	7,00	6,27	43,92
	08ETPR02		Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
130			Canalización de diámetro M25 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	28,00	0,00	0,00	7,97	0,00		1,00	28,00	28,00	28,00	7,97	223,26
	08ETPR03		Canalización de diámetro M25 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.	0,00	1,00	0,00					1,00	1,00	1,00			
1320			Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	41,00	0,00	0,00	11,34	0,00		1,00	41,00	41,00	42,00	11,34	476,41
	08ETPR05		Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
	BLINDOBARRAS								0,00							133.650,63

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
138	08EBMR15	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 160 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Tres derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	189,00	0,00	0,00	153,80	0,00		1,00	189,00	189,00	189,00	153,80	29.068,58
142	08EBMR19	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KT 1000 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 4 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	191,00	0,00	0,00	547,55	0,00		1,00	191,00	191,00	191,00	547,55	104.582,05
	CABLES								38.510,60							1.911,02
15	08ECEEE12	m	Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	194,00	970,00	970,00	1,04	1.004,92		5,00	30,00	150,00	150,00	1,04	155,40
			Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
16	08ECEEE13	m	Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	264,00	1.320,00	1.320,00	1,56	2.062,50		5,00	5,00	25,00	25,00	1,56	39,06
			Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
	08ECEEE14	m	Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	202,00	202,00										
17				5,00	503,00	2.515,00	2.717,00	2,22	6.029,02		5,00	7,00	35,00	35,00	2,22	77,67

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
			Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
18	08ECEE15	m	Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	4,00	270,00	1.080,00	1.080,00	3,09	3.332,34		4,00	28,00	112,00	112,00	3,09	345,58
			Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
19	08ECEE16	m	Conductor de cobre de 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	297,00	297,00	297,00	4,27	1.268,49		1,00	0,00	0,00	0,00	4,27	0,00
			Conductor de cobre de 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
21	08ECEE18	m	Conductor de cobre de 1x70 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	4,00	297,00	1.188,00	1.188,00	7,20	8.554,79		4,00	7,00	28,00	28,00	7,20	201,63
			Conductor de cobre de 1x70 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
24	08ECEE21	m	Conductor de cobre de 1x150 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	4,00	80,00	320,00	320,00	13,79	4.413,44		4,00	17,00	68,00	68,00	13,79	937,86
			Conductor de cobre de 1x150 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
25	08ECEE22	m	Conductor de cobre de 1x185 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	9,00	77,00	693,00	693,00	17,09	11.845,10		9,00	1,00	9,00	9,00	17,09	153,83

				LINEAS INDEPENDIENTES						BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
			Bandeja metálica de rejilla 200X60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.												
6	08EBMR10	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x100	1,00	4,00	4,00	4,00	18,20	72,80	0,00	4,00	0,00	0,00	18,20	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 200x100 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.												
7	08EBMR11	MI	Bandeja metálica de rejilla 300x100	1,00	38,00	38,00	38,00	20,31	771,78	0,00	38,00	0,00	0,00	20,31	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 300x100 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.												
128			Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	6,00	0,00	0,00	5,04	0,00	1,00	6,00	6,00	6,00	5,04	30,26
	08ETPRO1		Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.												
129			Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	2,00	0,00	0,00	6,27	0,00	1,00	2,00	2,00	2,00	6,27	12,55

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	08ETPR02		Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
130			Canalización de diámetro M25 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	2,00	0,00	0,00	7,97	0,00		1,00	2,00	2,00	2,00	7,97	15,95
	08ETPR03		Canalización de diámetro M25 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.	0,00	1,00	0,00					1,00	1,00	1,00			
1320			Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	3,00	0,00	0,00	11,34	0,00		1,00	3,00	3,00	4,00	11,34	45,37
	08ETPR05		Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
	BLINDOBARRAS								0,00							49.805,92
141	08EBMR18	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KT 800 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 4 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	89,00	0,00	0,00	512,98	0,00		1,00	89,00	89,00	89,00	512,98	45.654,78

				LINEAS INDEPENDIENTES						BLINDOBARRAS						
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
136	08EBMR13	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 63 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	51,00	0,00	0,00	81,40	0,00		1,00	51,00	51,00	51,00	81,40	4.151,15
	CABLES								13.308,86							328,73
15	08ECEE12	m	Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	49,00	245,00	245,00	1,04	254,80		5,00	2,00	10,00	10,00	1,04	10,36
			Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
16	08ECEE13	m	Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	102,00	510,00	510,00	1,56	796,88		5,00	4,00	20,00	20,00	1,56	31,25
			Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
	08ECEE14	m	Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	53,00	53,00										
17				5,00	45,00	225,00	278,00	2,22	616,88		5,00	2,00	10,00	10,00	2,22	22,19
			Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
18	08ECEE15	m	Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	4,00	0,00	0,00	0,00	3,09	0,00		4,00	2,00	8,00	8,00	3,09	24,68

[illegible]

			LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS						
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	
112	08ECU698	Ud	Cuadro General del Bloque 4 CGS1B4, incluyendo todos los elementos necesarios (incluso cableado complementario entre Grupo y SAI) para la conexión de la SAI, según esquema unifilar,. 1 Armario metálico de doble envoltivo con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta La aparamenta será de algunas de las marcas Merlin Guerin, ABB, Möeller o SIEMENS, la envoltivo podrá ser de Merlin Guerin, Möeller o ABB o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa. Todos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso le poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. Incluso cableado interior de todos sus elementos según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y elementos de conexión al sistema de control centralizado, rotulación exterior con esquema unifilar, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.	1,00				18.266,15	18.266,15					1,00	13.860,15	13.860,15
	CANALIZACIONES								2.680,79							469,63
3	08EBMR02	MI	Bandeja metálica de rejilla 100x60	1,00	98,00	98,00	98,00	11,87	1.163,51	0,00	98,00	0,00	0,00	11,87	0,00	
			Bandeja metálica de rejilla 100x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.													
5	08EBMR07	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x60	1,00	96,00	96,00	96,00	15,81	1.517,28	0,00	96,00	0,00	0,00	15,81	0,00	
			Bandeja metálica de rejilla 200x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.													
128			Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	55,00	0,00	0,00	5,04	0,00	1,00	55,00	55,00	55,00	5,04	277,42	

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	08ETPR01		Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
129			Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	13,00	0,00	0,00	6,27	0,00		1,00	13,00	13,00	13,00	6,27	81,57
	08ETPR02		Canalización de diámetro M20 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
131			Canalización de diámetro M32 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	9,00	0,00	0,00	9,77	0,00		1,00	9,00	9,00	9,00	9,77	87,95
	08ETPR03		Canalización de diámetro M32 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
1320			Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	2,00	0,00	0,00	11,34	0,00		1,00	2,00	2,00	2,00	11,34	22,69
	08ETPR05		Canalización de diámetro M40 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
	BLINDOBARRAS								0,00							47.938,64

				LINEAS INDEPENDIENTES						BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
138	08EBMR15	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 160 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Tres derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	111,00	0,00	0,00	153,80	0,00	1,00	111,00	111,00	111,00	153,80	17.072,02
140	08EBMR17	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KS 400 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Tramo de 5 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Diez derivaciones y con cabida para 5 conductores (3F+N+PE). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	121,00	0,00	0,00	255,10	0,00	1,00	121,00	121,00	121,00	255,10	30.866,62
	CABLES								8.567,98						764,49
15	08ECEEE12	m	Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	243,00	1.215,00	1.215,00	1,04	1.258,74	5,00	26,00	130,00	130,00	1,04	134,68
			Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.												
16	08ECEEE13	m	Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	294,00	1.470,00	1.470,00	1,56	2.296,88	5,00	29,00	145,00	145,00	1,56	226,56
			Conductor de cobre de 1x10 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.												
17	08ECEEE14	m	Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	5,00	158,00	790,00	790,00	2,22	1.753,01	5,00	13,00	65,00	65,00	2,22	144,24

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
			Conductor de cobre de 1x16 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
	08ECEE15	m	Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	58,00	58,00					1,00	0,00	0,00			
18				4,00	50,00	200,00	258,00	3,09	796,06		4,00	0,00	0,00	0,00	3,09	0,00
			Conductor de cobre de 1x25 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
19	08ECEE16	m	Conductor de cobre de 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	42,00	42,00	42,00	4,27	179,38		1,00	0,00	0,00	0,00	4,27	0,00
			Conductor de cobre de 1x35 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
20	08ECEE17	m	Conductor de cobre de 1x50 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	4,00	48,00	192,00	192,00	5,59	1.074,14		4,00	9,00	36,00	36,00	5,59	201,40
			Conductor de cobre de 1x50 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
21	08ECEE18	m	Conductor de cobre de 1x70 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	4,00	42,00	168,00	168,00	7,20	1.209,77		4,00	2,00	8,00	8,00	7,20	57,61
			Conductor de cobre de 1x70 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													
			CP3B2AFPL						10.827,69							18.554,43

			LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	CUADROS								5.106,65						2.549,25
76	08ECU662	Ud	Cuadro Planta 3 Bloque 2 Alumbrado y Fuerza de Planta, CP3B2AFPL, según esquema unifilar con las siguientes características: 1 Armario metálico de doble envolvente, con una reserva de espacio del 30% como mínimo, con puerta con llave. La aparamenta será de Merlin Gerin, ABB, Möeller o Siemens la envolvente de Merlin Gerin, Möeller o ABB, o equivalentes a aprobar por la Dirección de Facultativa. Todos los interruptores del cuadro tendrán el poder de corte necesario, acorde con la intensidad de cortocircuito del Anexo técnico de cálculo y planos del proyecto que deberá ser calculado/garantizado en función de la regulación/filiación para la limitación de las intensidades de cortocircuito de los interruptores "aguas arriba" de los cuadros en la instalación, en cualquier caso le poder mínimo de corte de cualquier interruptor será de 10 kA. Incluso cableado interior de todos sus elementos mediante canaleta de PVC según esquema, identificación de circuitos, bornas de entrada y salida para todos los circuitos y para los contactos de señalización al sistema de control, etiquetado de cables, rotulación exterior con esquema unifilar, conexionado con terminales, material complementario, pequeño material y mano de obra de fabricación e instalación. Medida la unidad conectada y probada.				1,00	5.106,65	5.106,65				1,00	2.549,25	2.549,25
	CANALIZACIONES								1.628,84						105,92
5	08EBMR07	MI	Bandeja metálica de rejilla 200x60	1,00	88,00	88,00	88,00	15,81	1.390,84	0,00	88,00	0,00	0,00	15,81	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 200x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.												
4	08EBMR04	MI	Bandeja metálica de rejilla 300x60	1,00	13,00	13,00	13,00	18,31	238,00	0,00	13,00	0,00	0,00	18,31	0,00
			Bandeja metálica de rejilla 300x60 mm marca PEMSA, tipo Rejiband o equivalente a aprobar por la Dirección Facultativa, fabricada con varilla de acero electrosoldada galvanizada en caliente. Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.												
128			Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C.	0,00	21,00	0,00	0,00	5,04	0,00	1,00	21,00	21,00	21,00	5,04	105,92

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	08ETPR01		Canalización de diámetro M16 para conductores eléctricos, realizada en tubo rígido de P.V.C. incluso parte proporcional de cajas estancas de PVC, piezas especiales, soportes, elementos de fijación, etc. pequeño material y montaje. Instalado según R.E.B.T. Medida la longitud ejecutada.													
	BLINDOBARRAS								0,00							15.877,50
137	08EBMR14	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KN 100 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	87,00	0,00	0,00	117,16	0,00		1,00	87,00	87,00	87,00	117,16	10.192,92
135	08EBMR12	MI	Canalización eléctrica prefabricada Canalis KBA 25 A, marca Schneider a aprobar por la Dirección Facultativa. Elemento recto de 3 m formado por conductor de cobre dentro de carcasa de acero. Dos derivaciones y con cabida para 4 conductores (3F+N). Incluso parte proporcional de soportes, codos, derivaciones y piezas especiales, tornillería de fijación, medios auxiliares, mano de obra de montaje y pequeño material. Medida la longitud ejecutada.	0,00	87,00	0,00	0,00	32,67	0,00		2,00	87,00	174,00	174,00	32,67	5.684,58
	CABLES								4.092,20							21,76
15	08ECEE12	m	Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1kV	1,00	3.950,00	3.950,00	3.950,00	1,04	4.092,20		1,00	21,00	21,00	21,00	1,04	21,76
			Conductor de cobre de 1x6 mm² RZ1-K (AS) 0,6/1 kV Con aislamiento de Polietileno Reticulado, características constructivas según norma UNE 21123, no propagador de incendio y exento de halógenos incluso pequeño material y mano de obra. Medida la longitud ejecutada.													

				LINEAS INDEPENDIENTES							BLINDOBARRAS					
Nº Ord.	Código	Ud	Descripción	Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe		Uds.	Longitud	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Resumen de Presupuesto															
	CGS1B1								21.488,76							50.158,90
		CUADROS				13.543,49										11.723,67
		CANALIZACIONES				1.910,04										358,13
		BLINDOBARRAS				0,00										37.020,69
		CABLES				6.035,23										1.056,41
	CGS1B2					68.924,35										158.976,72
		CUADROS				26.082,04										22.479,81
		CANALIZACIONES				4.331,71										935,26
		BLINDOBARRAS				0,00										133.650,63
		CABLES				38.510,60										1.911,02
	CGS1B3					30.022,62										64.316,29
		CUADROS				15.109,64										14.181,64
		CANALIZACIONES				1.604,12										0,00
		BLINDOBARRAS				0,00										49.805,92
		CABLES				13.308,86										328,73
	CGS1B4					29.514,91										63.032,90
		CUADROS				18.266,15										13.860,15
		CANALIZACIONES				2.680,79										469,63
		BLINDOBARRAS				0,00										47.938,64
		CABLES				8.567,98										764,49
	CP3B2AFPL					10.827,69										18.554,43
		CUADROS				5.106,65										2.549,25
		CANALIZACIONES				1.628,84										105,92
		BLINDOBARRAS				0,00										15.877,50
		CABLES				4.092,20										21,76
	TOTAL								160.778,33							355.039,24

Anexo de Planos

En este anexo se exponen los planos de la instalación que son utilizados para el estudio de la aplicación de las blindobarras en el edificio. Estos planos facilitan enormemente la comprensión gráfica del problema y sirven de apoyo para el estudio realizado en la memoria sobre la inclusión de las blindobarras correspondientes.

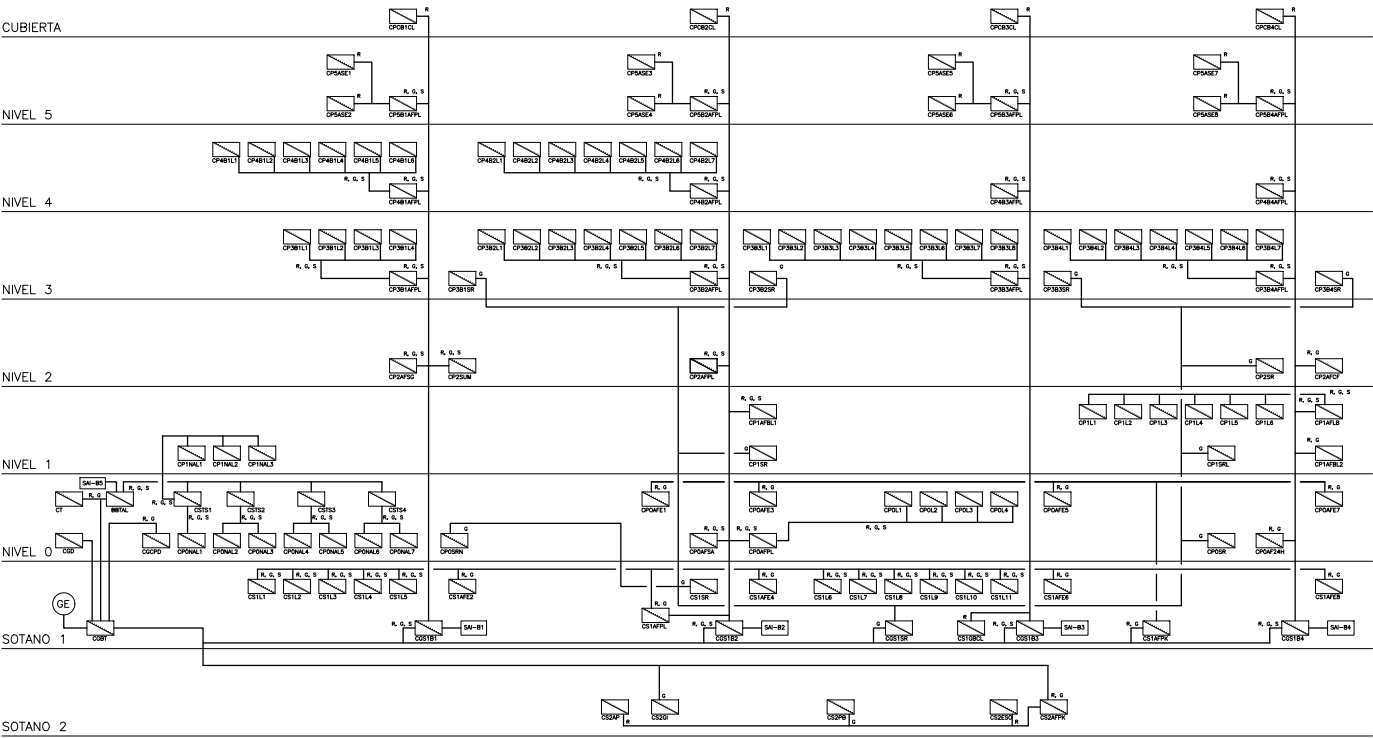
D.1 Esquema de cuadros

En este esquema se muestra la distribución de los cuadros en el edificio estudiado, desde el sótano 2 hasta la cubierta. Resulta muy útil para la comprensión inicial del problema, ya que se pueden observar claramente las entradas y salidas de cada cuadro y los embarrados utilizados para las diferentes alimentaciones (red, grupo y SAI).

A través desde este esquema observamos como el CGBT alimenta a los cuadros generales del sótano y estos, a su vez, alimentan a una serie de cuadros ubicados en las diferentes plantas. También se observan los cuadros de laboratorio alimentados desde el CP3B2AFPL, que se utilizarán como ejemplo para el estudio de la aplicación de blindobarras en dicho escenario.

Por último, en este esquema se aprecia en qué cuadros se instalan los dispositivos SAI y el grupo electrógeno. Esto aclarará la distribución del suministro en el edificio, mostrando los embarrados de alimentación que salen de cada cuadro.

ESQUEMA DE PRINCIPIO



D.2 Planos de planta

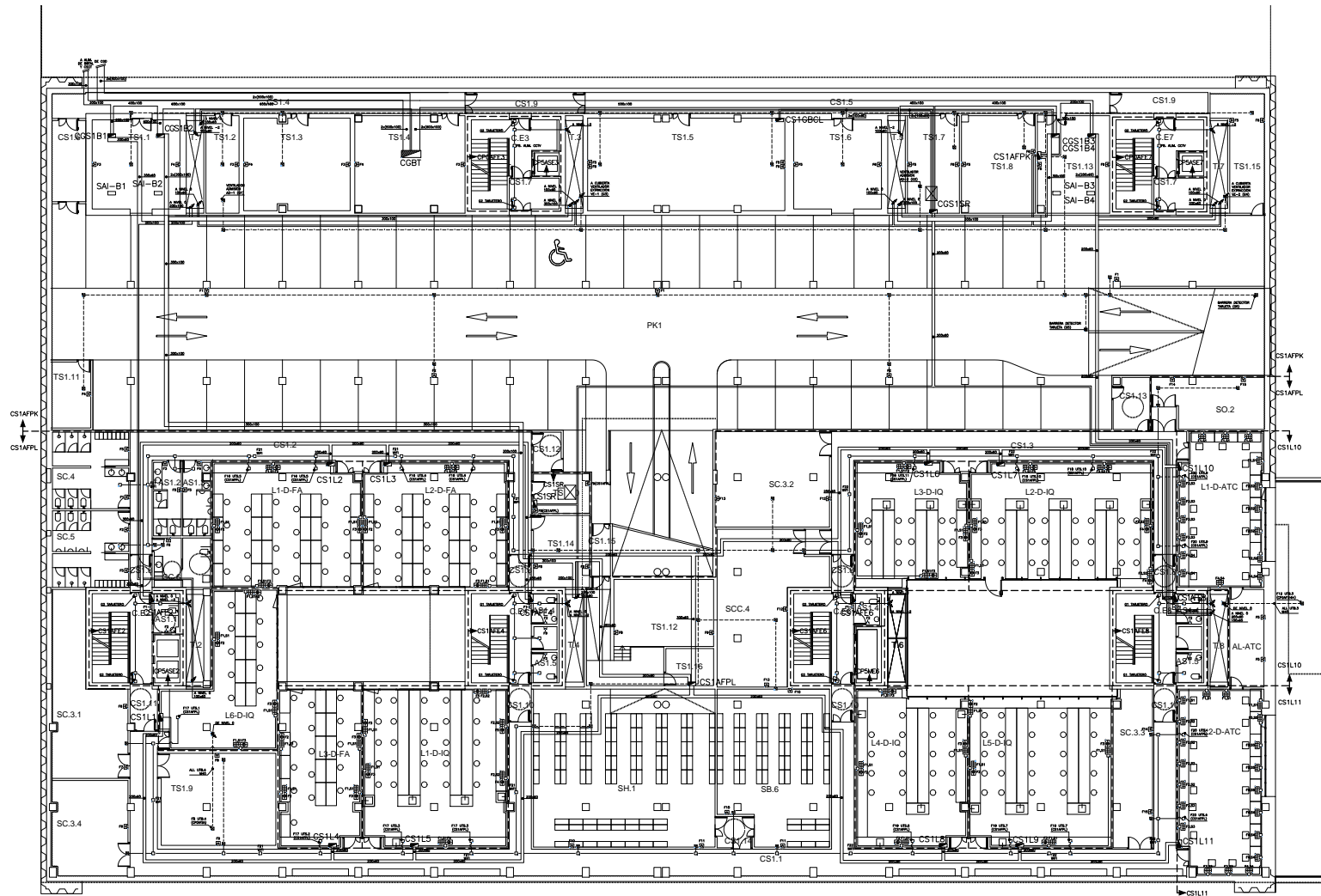
En este apartado se incluyen todos los planos que muestran la instalación eléctrica en las diferentes plantas del edificio. En estos planos se observa el recorrido que siguen las líneas a través de canalizaciones que parten de los diferentes cuadros para alimentar a otros cuadros o directamente a puntos de consumo, así como la ubicación en la planta de todos los elementos que forman parte de la instalación eléctrica.

Partiendo de la suposición de que las blindobarras discurrirían por las mismas zonas que las canalizaciones que alojan los cables que se muestran en los planos, se puede conocer la longitud de las blindobarras utilizados mediante el análisis y medición de estos planos.

Por tanto, la razón principal del uso de estos planos de planta radica en la obtención de la longitud de las blindobarras en las zonas estudiadas, así como de los cables que partirán de ellas y que alimentarán directamente a los cuadros.

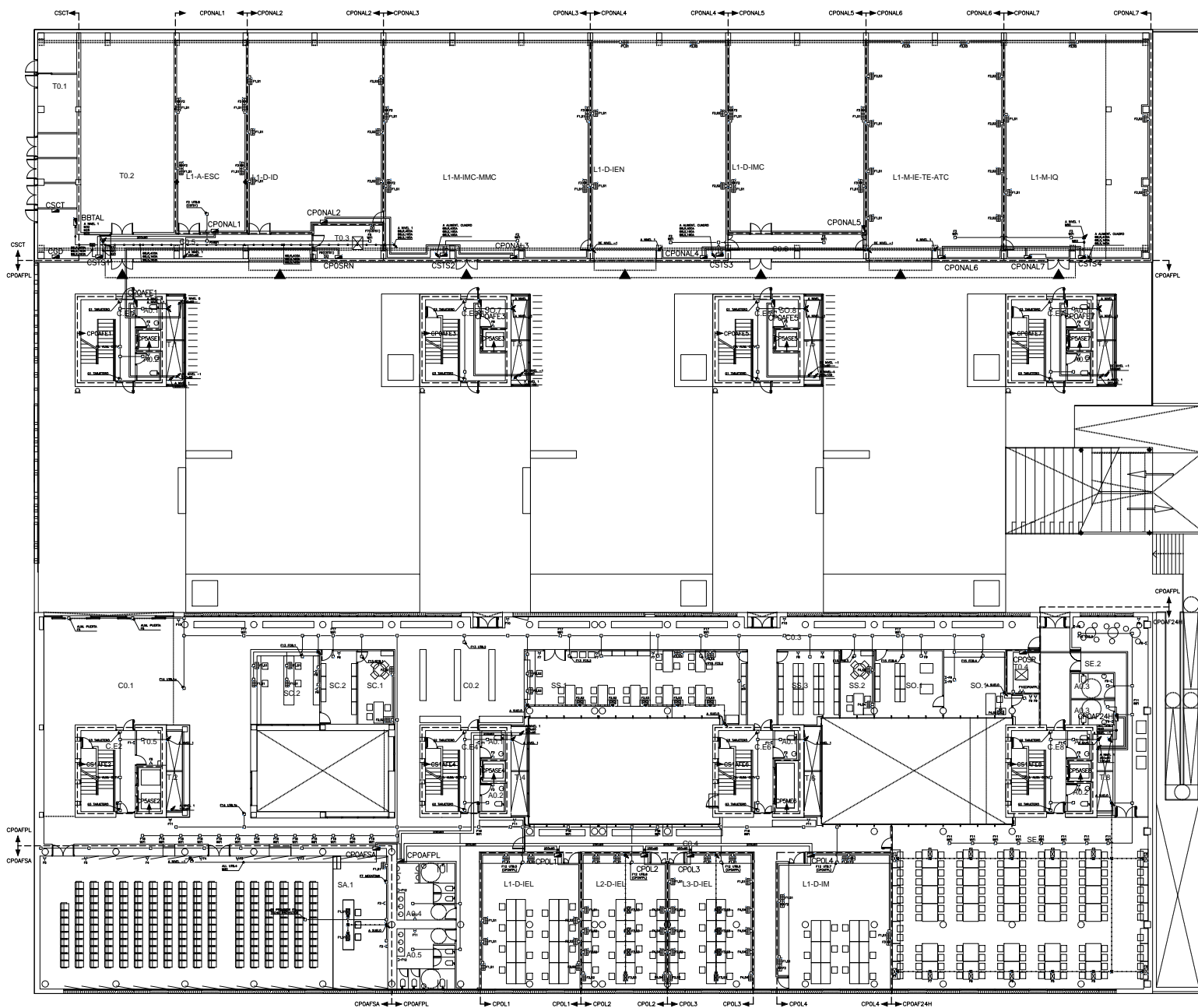
D.2.1 Sótano 1

El plano de planta del sótano 1 goza de especial importancia ya que desde aquí parten los cuadros generales del sótano de los 4 bloques desde los que saldrán las blindobarras que recorrerán las diferentes plantas del edificio. Se puede observar el comienzo de las canalizaciones y el recorrido hasta alimentar a otros cuadros del mismo sótano o llegar al punto desde el que suben hacia otras plantas superiores.



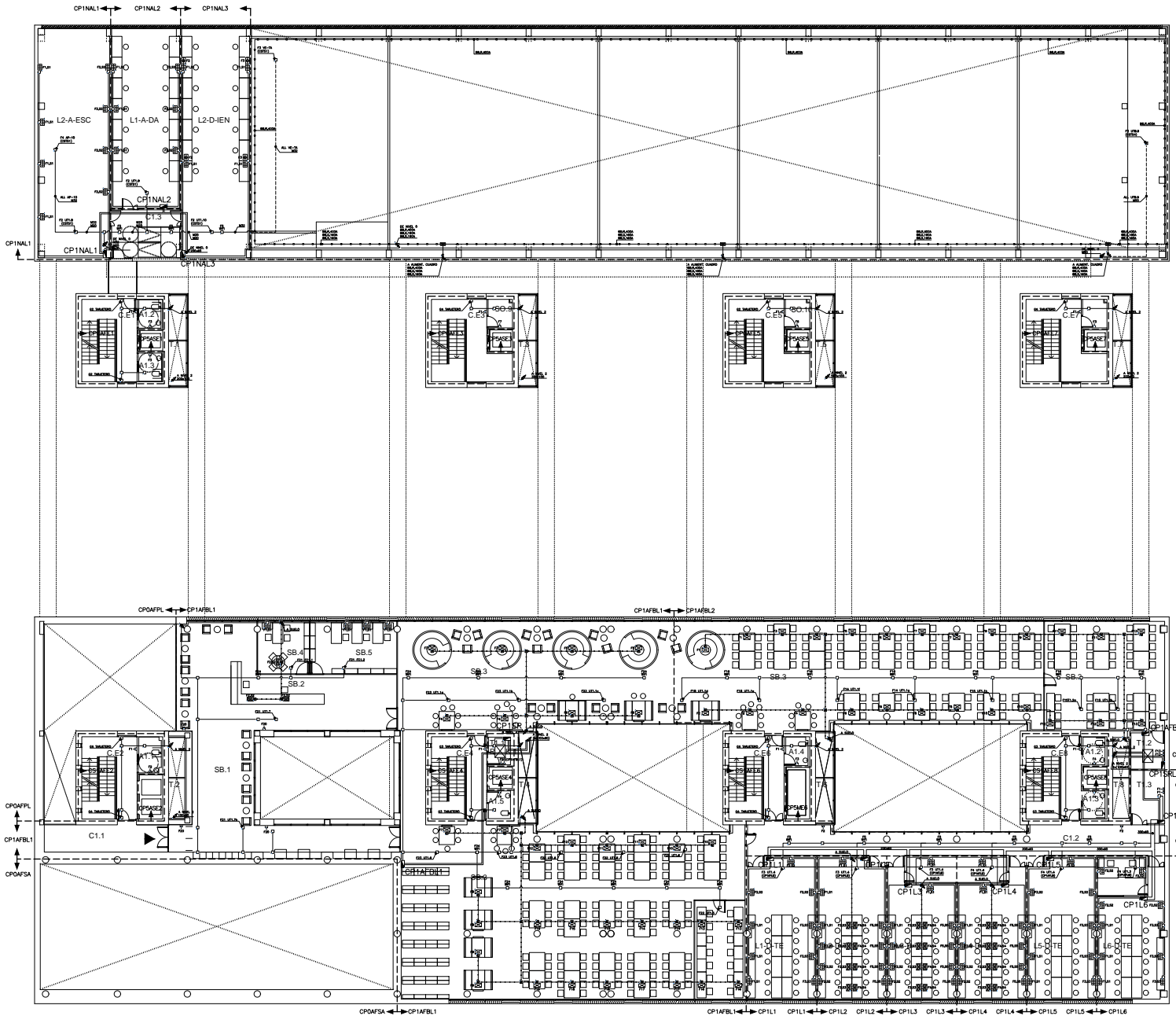
D.2.2 Nivel 0

A partir de este plano se obtiene la longitud de las blindobarras que alimentan a los cuadros ubicados en esta planta.



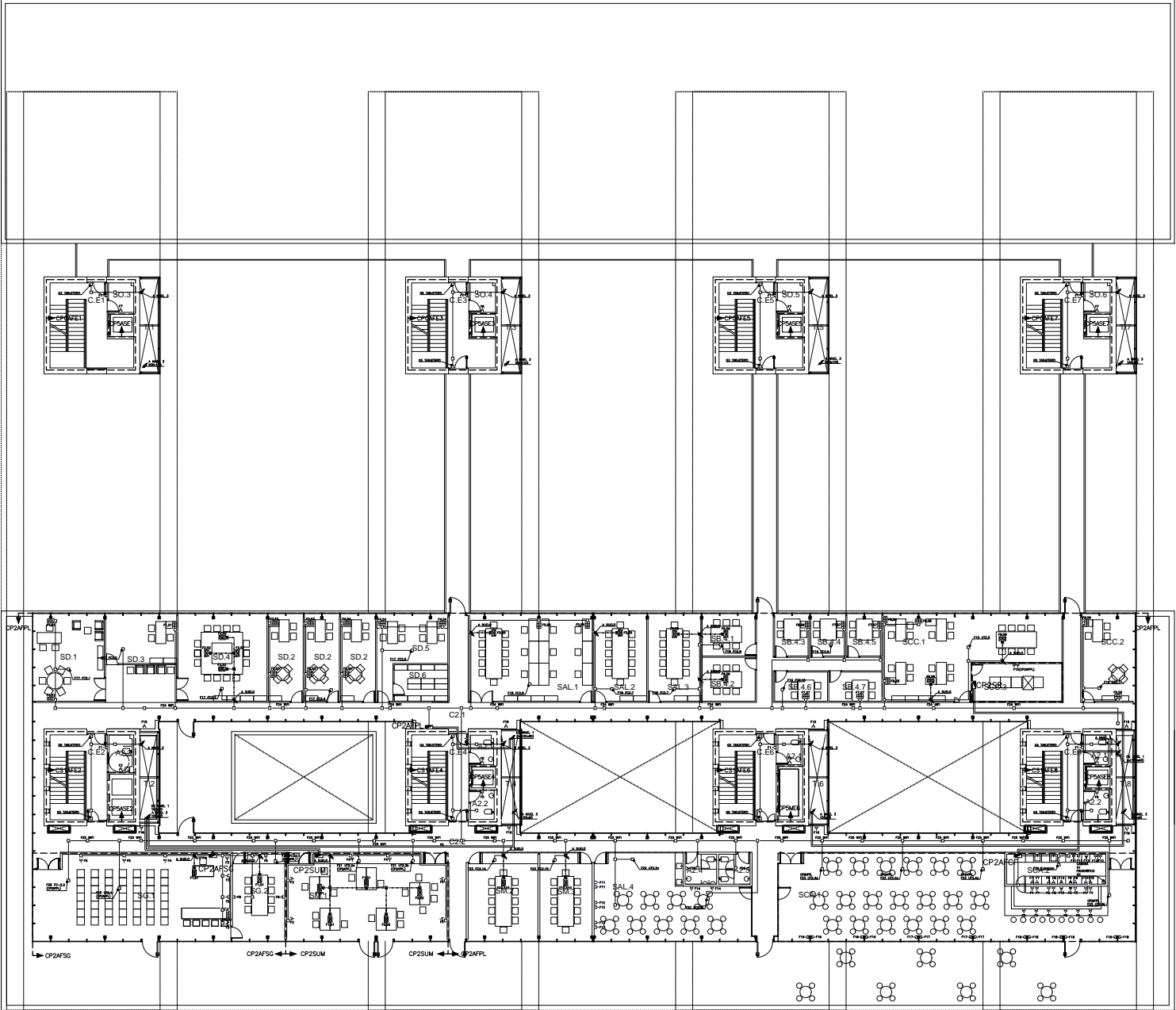
D.2.3 Nivel 1

Análogamente al nivel 0, nos centraremos en los cuadros que serán alimentados desde los generales del sótano, obteniendo la longitud de las blindobarras que aportarán el suministro.



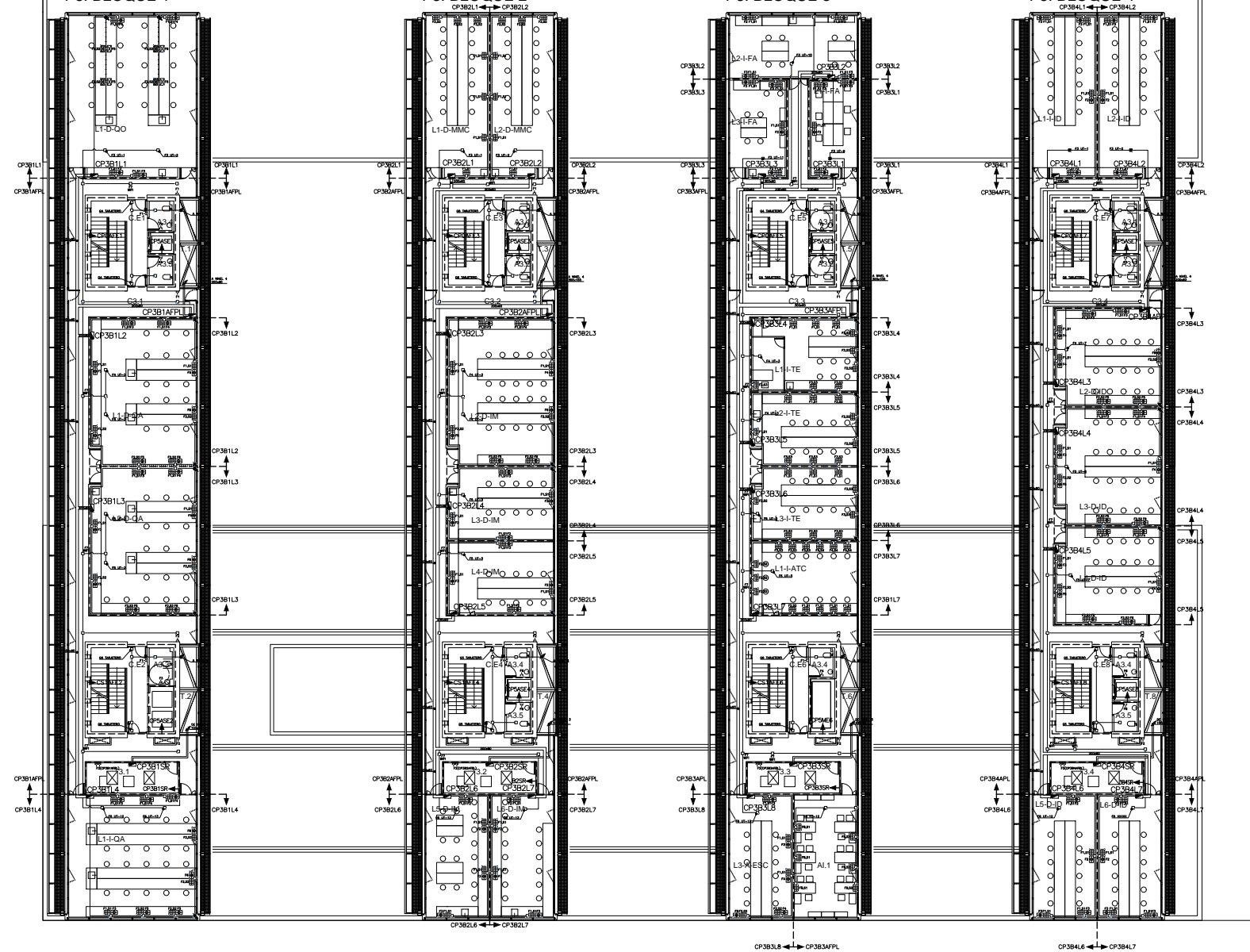
D.2.4 Nivel 2

De la misma forma que los dos anteriores, se obtendrán las longitudes de las blindobarras estudiadas.



D.2.5 Nivel 3

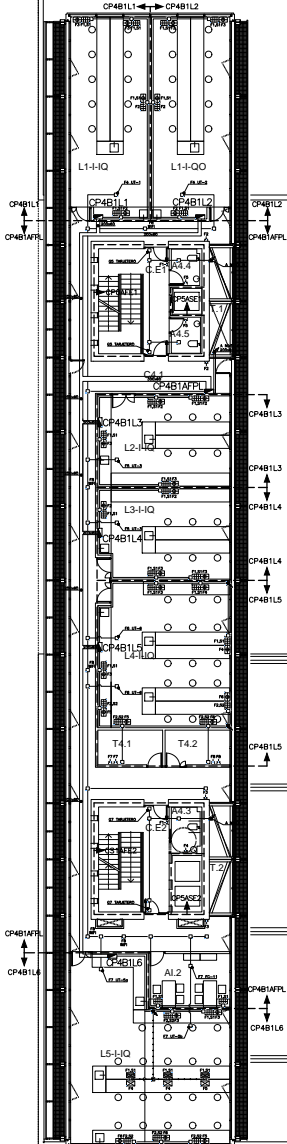
En este plano se puede observar perfectamente la división del edificio en los 4 bloques diferentes que lo conforman. Se obtendrán las longitudes tanto de las blindobarras que parten de los cuadros generales del sótano como de las que partirán del cuadro de alumbrado y fuerza del bloque 2 para alimentar a los cuadros de laboratorio, utilizando dicho escenario como ejemplo de alimentación de blindobarras para estos casos.



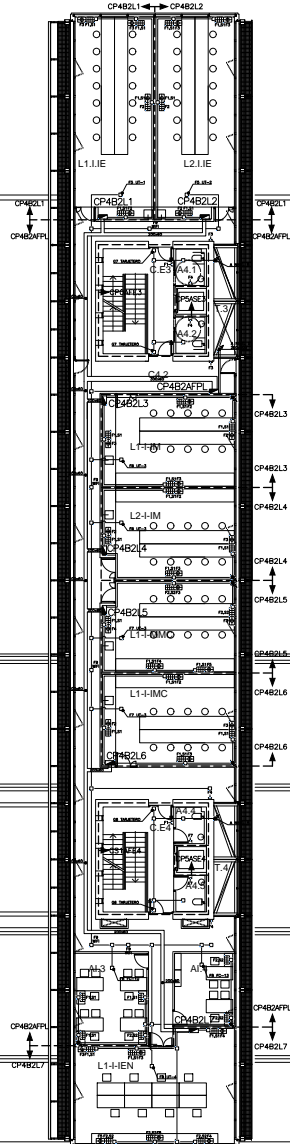
D.2.6 Nivel 4

En este plano se observan los cuadros de alumbrado y fuerza de bloque que son alimentados desde los generales del sótano. Se obtiene la longitud de las blindobarras utilizadas para dicho propósito.

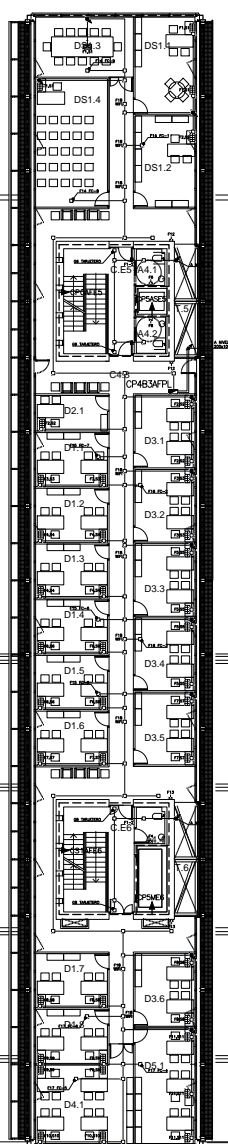
P4. BLOQUE 1



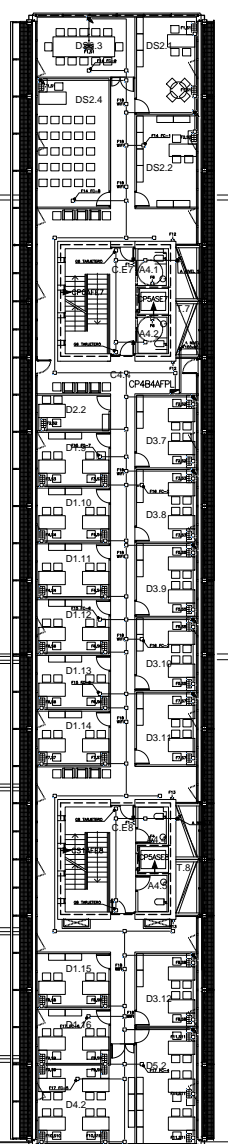
P4. BLOQUE 2



P4. BLOQUE 3



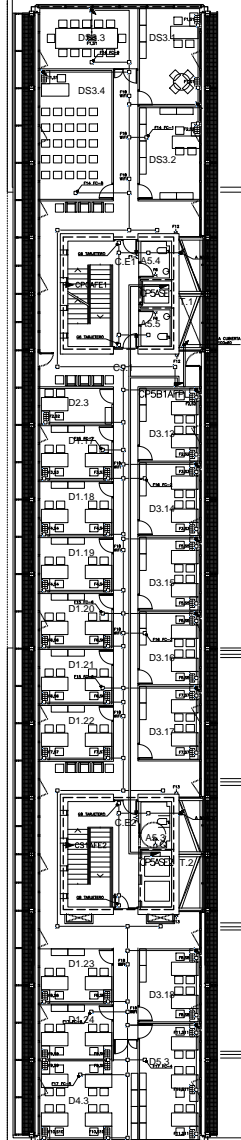
P4. BLOQUE 4



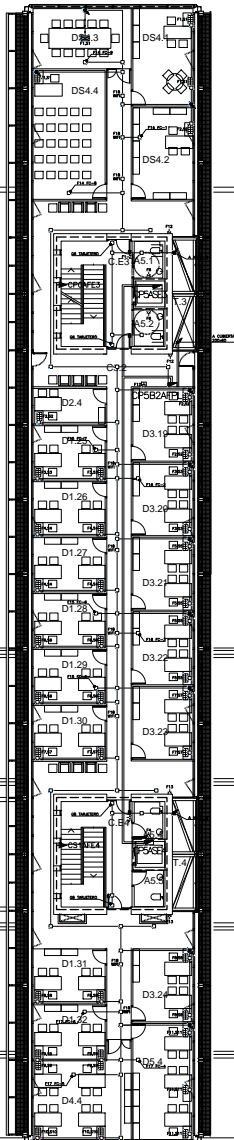
D.2.7 Nivel 5

Se observa la ubicación de los cuadros de alumbrado y fuerza de los 4 bloques y las canalizaciones que los alimentan.

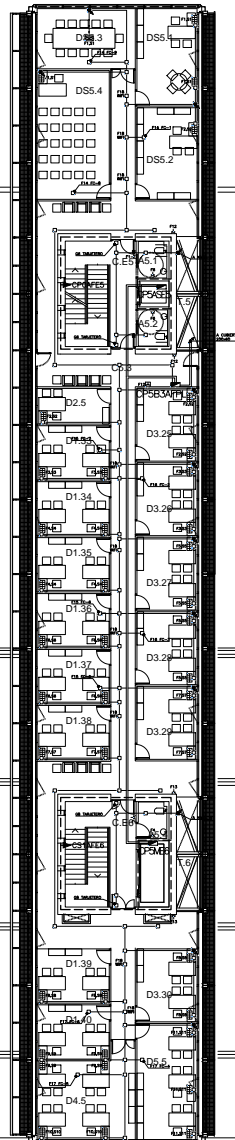
P5. BLOQUE 1



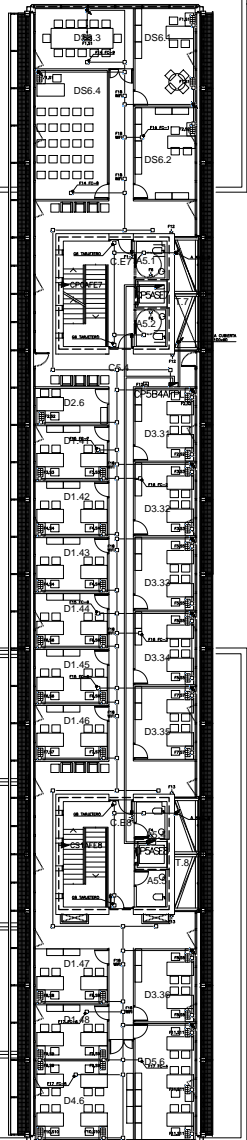
P5. BLOQUE 2



P5. BLOQUE 3



P5. BLOQUE 4



D.2.8 Cubierta

Es el último nivel del edificio y en ella se sitúan los equipos de climatización, que demandan una potencia considerable.

The image displays four architectural floor plans of PC Bloques 1, 2, 3, and 4. Each plan shows a structural frame with diagonal bracing and various equipment labels. The plans are arranged horizontally, with PC BLOQUE 1 on the left and PC BLOQUE 4 on the right. The plans are connected by horizontal lines, suggesting a continuous structure. The labels include VL-1, VE-1, AP-1, VP-1, TQ-1, CP-1, VE-2, VP-2, VE-3, AP-2, VE-4, VP-4, VE-5, AP-3, VP-3, TQ-2, CP-2, VE-6, VP-6, VE-7, AP-7, VP-7, TQ-3, CP-3, VE-8, VP-8, VE-9, AP-4, VP-4, TQ-4, CP-4, VE-10, VP-10, VE-11, AP-5, VP-5, TQ-5, CP-5, VE-12, VP-12, VE-13, AP-6, VP-6, TQ-6, CP-6, VE-14, VP-14, VE-15, AP-7, VP-7, TQ-7, CP-7, VE-16, VP-16, VE-17, AP-8, VP-8, TQ-8, CP-8, VE-18, VP-18, VE-19, AP-9, VP-9, TQ-9, CP-9, VE-20, VP-20, VE-21, AP-10, VP-10, TQ-10, CP-10, VE-22, VP-22, VE-23, AP-11, VP-11, TQ-11, CP-11, VE-24, VP-24, VE-25, AP-12, VP-12, TQ-12, CP-12, VE-26, VP-26, VE-27, AP-13, VP-13, TQ-13, CP-13, VE-28, VP-28, VE-29, AP-14, VP-14, TQ-14, CP-14, VE-30, VP-30, VE-31, AP-15, VP-15, TQ-15, CP-15, VE-32, VP-32, VE-33, AP-16, VP-16, TQ-16, CP-16, VE-34, VP-34, VE-35, AP-17, VP-17, TQ-17, CP-17, VE-36, VP-36, VE-37, AP-18, VP-18, TQ-18, CP-18, VE-38, VP-38, VE-39, AP-19, VP-19, TQ-19, CP-19, VE-40, VP-40, VE-41, AP-20, VP-20, TQ-20, CP-20, VE-42, VP-42, VE-43, AP-21, VP-21, TQ-21, CP-21, VE-44, VP-44, VE-45, AP-22, VP-22, TQ-22, CP-22, VE-46, VP-46, VE-47, AP-23, VP-23, TQ-23, CP-23, VE-48, VP-48, VE-49, AP-24, VP-24, TQ-24, CP-24, VE-50, VP-50, VE-51, AP-25, VP-25, TQ-25, CP-25, VE-52, VP-52, VE-53, AP-26, VP-26, TQ-26, CP-26, VE-54, VP-54, VE-55, AP-27, VP-27, TQ-27, CP-27, VE-56, VP-56, VE-57, AP-28, VP-28, TQ-28, CP-28, VE-58, VP-58, VE-59, AP-29, VP-29, TQ-29, CP-29, VE-60, VP-60, VE-61, AP-30, VP-30, TQ-30, CP-30, VE-62, VP-62, VE-63, AP-31, VP-31, TQ-31, CP-31, VE-64, VP-64, VE-65, AP-32, VP-32, TQ-32, CP-32, VE-66, VP-66, VE-67, AP-33, VP-33, TQ-33, CP-33, VE-68, VP-68, VE-69, AP-34, VP-34, TQ-34, CP-34, VE-70, VP-70, VE-71, AP-35, VP-35, TQ-35, CP-35, VE-72, VP-72, VE-73, AP-36, VP-36, TQ-36, CP-36, VE-74, VP-74, VE-75, AP-37, VP-37, TQ-37, CP-37, VE-76, VP-76, VE-77, AP-38, VP-38, TQ-38, CP-38, VE-78, VP-78, VE-79, AP-39, VP-39, TQ-39, CP-39, VE-80, VP-80, VE-81, AP-40, VP-40, TQ-40, CP-40, VE-82, VP-82, VE-83, AP-41, VP-41, TQ-41, CP-41, VE-84, VP-84, VE-85, AP-42, VP-42, TQ-42, CP-42, VE-86, VP-86, VE-87, AP-43, VP-43, TQ-43, CP-43, VE-88, VP-88, VE-89, AP-44, VP-44, TQ-44, CP-44, VE-90, VP-90, VE-91, AP-45, VP-45, TQ-45, CP-45, VE-92, VP-92, VE-93, AP-46, VP-46, TQ-46, CP-46, VE-94, VP-94, VE-95, AP-47, VP-47, TQ-47, CP-47, VE-96, VP-96, VE-97, AP-48, VP-48, TQ-48, CP-48, VE-98, VP-98, VE-99, AP-49, VP-49, TQ-49, CP-49, VE-100, VP-100, VE-101, AP-50, VP-50, TQ-50, CP-50, VE-102, VP-102, VE-103, AP-51, VP-51, TQ-51, CP-51, VE-104, VP-104, VE-105, AP-52, VP-52, TQ-52, CP-52, VE-106, VP-106, VE-107, AP-53, VP-53, TQ-53, CP-53, VE-108, VP-108, VE-109, AP-54, VP-54, TQ-54, CP-54, VE-110, VP-110, VE-111, AP-55, VP-55, TQ-55, CP-55, VE-112, VP-112, VE-113, AP-56, VP-56, TQ-56, CP-56, VE-114, VP-114, VE-115, AP-57, VP-57, TQ-57, CP-57, VE-116, VP-116, VE-117, AP-58, VP-58, TQ-58, CP-58, VE-118, VP-118, VE-119, AP-59, VP-59, TQ-59, CP-59, VE-120, VP-120, VE-121, AP-60, VP-60, TQ-60, CP-60, VE-122, VP-122, VE-123, AP-61, VP-61, TQ-61, CP-61, VE-124, VP-124, VE-125, AP-62, VP-62, TQ-62, CP-62, VE-126, VP-126, VE-127, AP-63, VP-63, TQ-63, CP-63, VE-128, VP-128, VE-129, AP-64, VP-64, TQ-64, CP-64, VE-130, VP-130, VE-131, AP-65, VP-65, TQ-65, CP-65, VE-132, VP-132, VE-133, AP-66, VP-66, TQ-66, CP-66, VE-134, VP-134, VE-135, AP-67, VP-67, TQ-67, CP-67, VE-136, VP-136, VE-137, AP-68, VP-68, TQ-68, CP-68, VE-138, VP-138, VE-139, AP-69, VP-69, TQ-69, CP-69, VE-140, VP-140, VE-141, AP-70, VP-70, TQ-70, CP-70, VE-142, VP-142, VE-143, AP-71, VP-71, TQ-71, CP-71, VE-144, VP-144, VE-145, AP-72, VP-72, TQ-72, CP-72, VE-146, VP-146, VE-147, AP-73, VP-73, TQ-73, CP-73, VE-148, VP-148, VE-149, AP-74, VP-74, TQ-74, CP-74, VE-150, VP-150, VE-151, AP-75, VP-75, TQ-75, CP-75, VE-152, VP-152, VE-153, AP-76, VP-76, TQ-76, CP-76, VE-154, VP-154, VE-155, AP-77, VP-77, TQ-77, CP-77, VE-156, VP-156, VE-157, AP-78, VP-78, TQ-78, CP-78, VE-158, VP-158, VE-159, AP-79, VP-79, TQ-79, CP-79, VE-160, VP-160, VE-161, AP-80, VP-80, TQ-80, CP-80, VE-162, VP-162, VE-163, AP-81, VP-81, TQ-81, CP-81, VE-164, VP-164, VE-165, AP-82, VP-82, TQ-82, CP-82, VE-166, VP-166, VE-167, AP-83, VP-83, TQ-83, CP-83, VE-168, VP-168, VE-169, AP-84, VP-84, TQ-84, CP-84, VE-170, VP-170, VE-171, AP-85, VP-85, TQ-85, CP-85, VE-172, VP-172, VE-173, AP-86, VP-86, TQ-86, CP-86, VE-174, VP-174, VE-175, AP-87, VP-87, TQ-87, CP-87, VE-176, VP-176, VE-177, AP-88, VP-88, TQ-88, CP-88, VE-178, VP-178, VE-179, AP-89, VP-89, TQ-89, CP-89, VE-180, VP-180, VE-181, AP-90, VP-90, TQ-90, CP-90, VE-182, VP-182, VE-183, AP-91, VP-91, TQ-91, CP-91, VE-184, VP-184, VE-185, AP-92, VP-92, TQ-92, CP-92, VE-186, VP-186, VE-187, AP-93, VP-93, TQ-93, CP-93, VE-188, VP-188, VE-189, AP-94, VP-94, TQ-94, CP-94, VE-190, VP-190, VE-191, AP-95, VP-95, TQ-95, CP-95, VE-192, VP-192, VE-193, AP-96, VP-96, TQ-96, CP-96, VE-194, VP-194, VE-195, AP-97, VP-97, TQ-97, CP-97, VE-196, VP-196, VE-197, AP-98, VP-98, TQ-98, CP-98, VE-198, VP-198, VE-199, AP-99, VP-99, TQ-99, CP-99, VE-200, VP-200, VE-201, AP-100, VP-100, TQ-100, CP-100, VE-202, VP-202, VE-203, AP-101, VP-101, TQ-101, CP-101, VE-204, VP-204, VE-205, AP-102, VP-102, TQ-102, CP-102, VE-206, VP-206, VE-207, AP-103, VP-103, TQ-103, CP-103, VE-208, VP-208, VE-209, AP-104, VP-104, TQ-104, CP-104, VE-210, VP-210, VE-211, AP-105, VP-105, TQ-105, CP-105, VE-212, VP-212, VE-213, AP-106, VP-

PC. BLOQUE 2

PC. BLOQUE 3

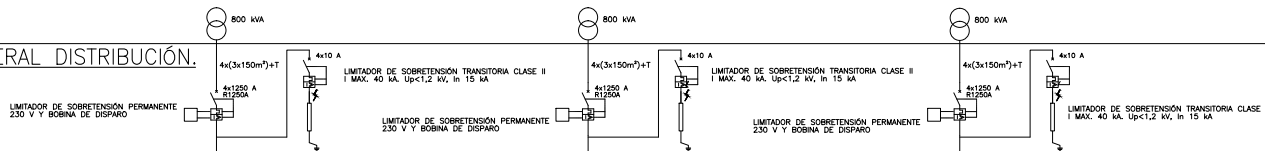
PC. BLOQUE 4

D.3 Esquemas unifilares

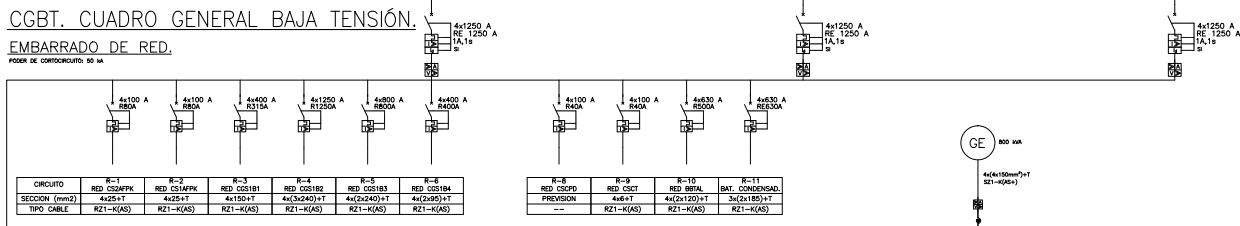
En este apartado se muestran los esquemas unifilares pertenecientes a los cuadros en estudio. En ellos se puede observar las protecciones utilizadas en el cuadro con su valor nominal así como las líneas que parten del mismo, con el tipo de cable y la sección que las caracteriza. Los esquemas unifilares ofrecen información de todos los embarrados que hay en los cuadros de interés.

A continuación se exponen los diagramas unifilares de los cuadros generales del sótano de los distintos bloques, CGS1B1, CGS1B2, CGS1B3 y CGS1B4 y del cuadro ejemplo de alumbrado y fuerza del bloque 2 de la planta 3 CP2B3AFPL.

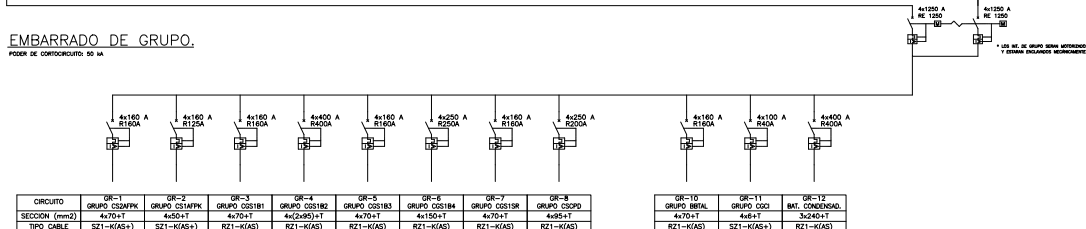
PODER DE CORTOCIRCUITO: 70 mA



EMBARRADO DE RED.

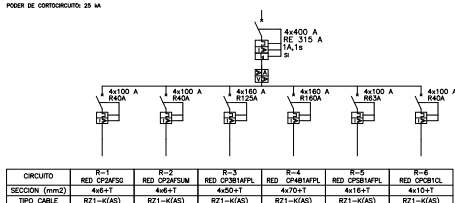


PODER DE CORTOCIRCUITO: 50 VA

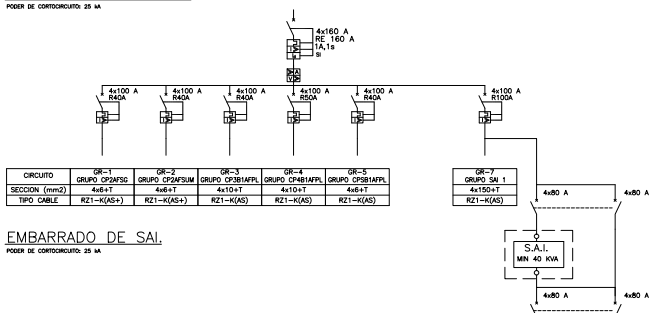


EMBARRADO DE RED.

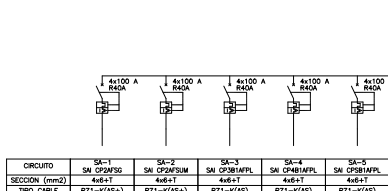
ROGER DE COSTOCHUZO: 25 IN.



PODER DE CORTOCIRCUITO: 25 mA.

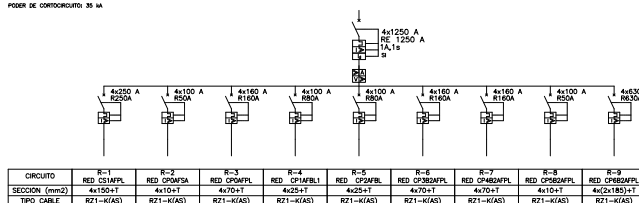


PODER DE CORTOCIRCUITO: 25 mA.

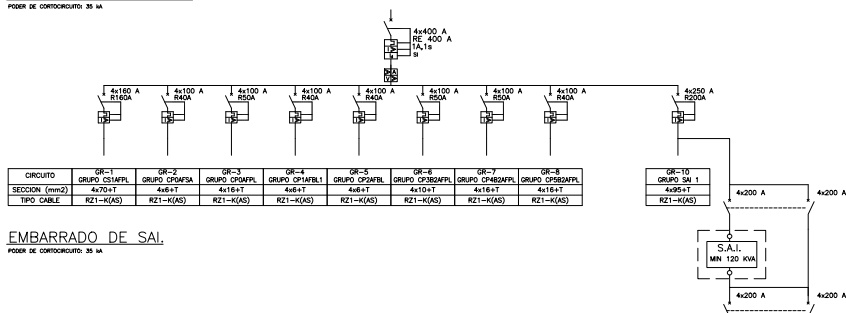


EMBARRADO DE RED.

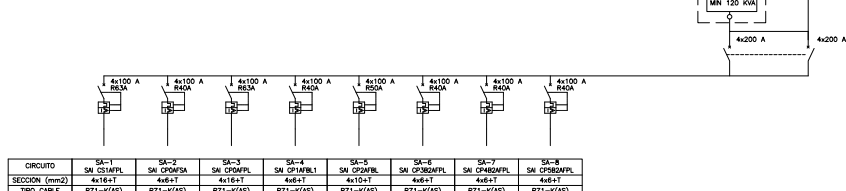
PODER DE CORTOCIRCUITO: 35 VA



PODER DE CORTOCIRCUITO: 35 VA



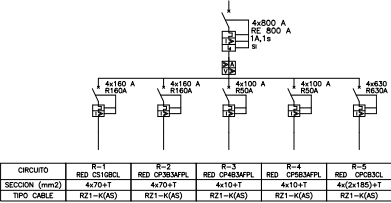
PODER DE CORTOCIRCUITO: 35 VA



CGS1B3. CUADRO GENERAL SÓTANO 1 BLOQUE 3.

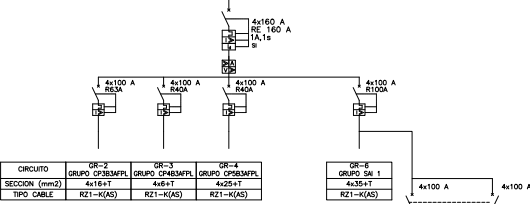
EMBARRADO DE RED.

PODER DE CORRIENTE 35 A



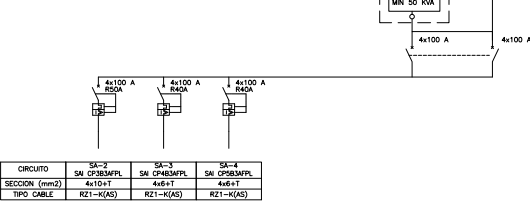
EMBARRADO DE GRUPO.

PODER DE CORRIENTE 35 A



EMBARRADO DE SAI.

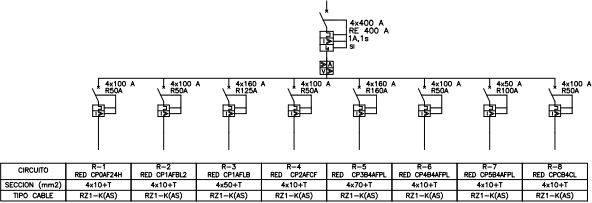
PODER DE CORRIENTE 35 A



CGS1B4. CUADRO GENERAL SÓTANO 1 BLOQUE 4.

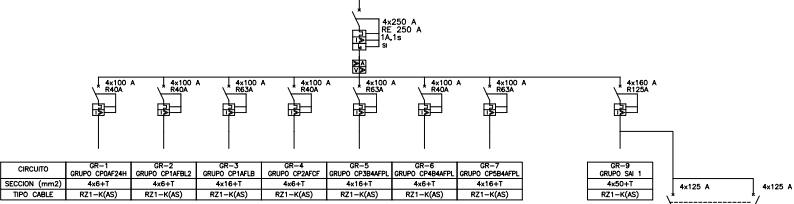
EMBARRADO DE RED.

PODER DE CORRIENTE 35 A



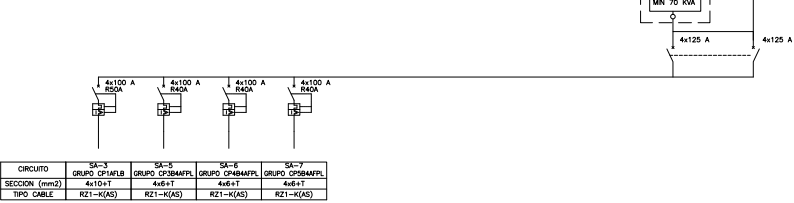
EMBARRADO DE GRUPO.

PODER DE CORRIENTE 35 A



EMBARRADO DE SAI.

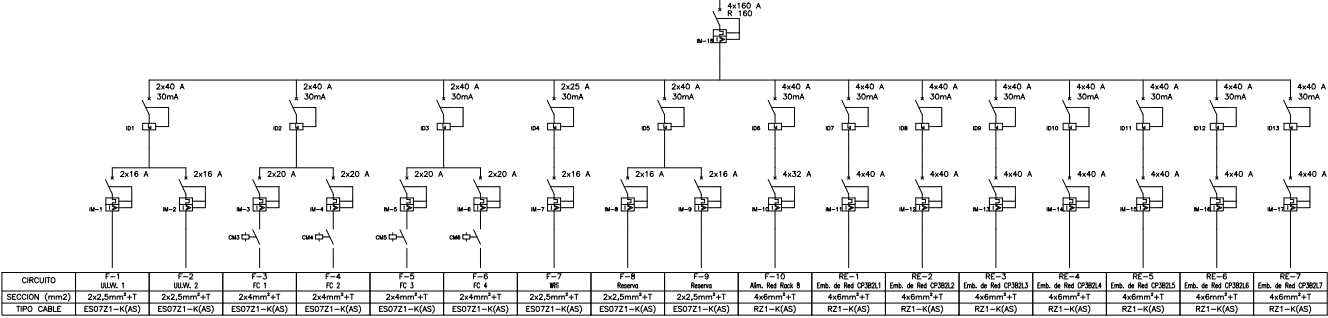
PODER DE CORRIENTE 35 A



CUADRO CP3B2AFPL: CUADRO PLANTA 3 BLOQUE 2 ALUMBRADO Y FUERZA DE PLANTA

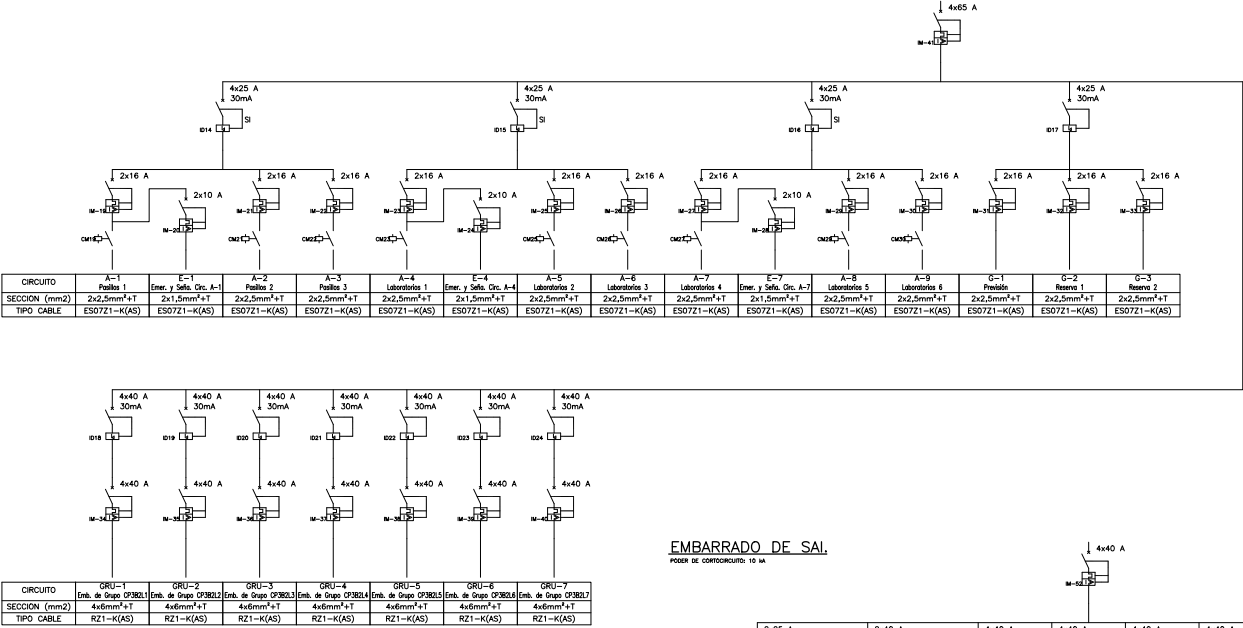
EMBARRADO DE RED.

PODER DE CORRIENTE: 10 VA



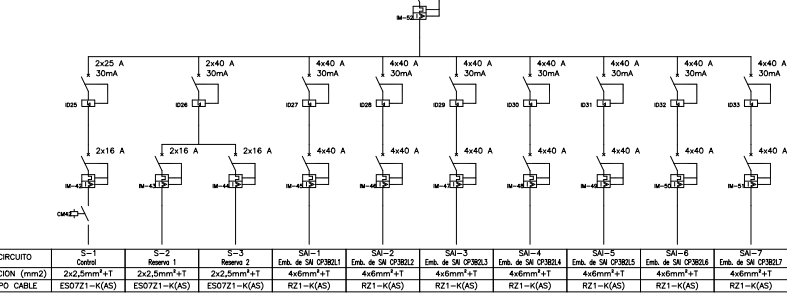
EMBARRADO DE GRUPO.

PODER DE CORRIENTE: 10 VA



EMBARRADO DE SAL.

PODER DE CORRIENTE: 10 VA



Anexo de documentación de blindobarras

E.1 Introducción

Ya en los años 30 en EEUU se introdujo una nueva forma de distribución de energía eléctrica como réplica a los cables convencionales y fruto de las nuevas necesidades que surgían debido al crecimiento industrial del país. En la actualidad, la complejidad de los nuevos edificios en construcción hace que sea totalmente necesaria una garantía total de continuidad de suministro de energía eléctrica.

Por todo ello, hoy en día las blindobarras constituyen una consolidada alternativa a la transmisión de potencia en media y baja tensión, cubriendo un rango de intensidad transportada desde 25 A hasta unos 6500 A y siendo utilizada para aplicaciones muy diversas.

Cuando se trata un problema como una instalación eléctrica nunca se va a considerar una única y válida solución, sino que mediante diferentes componentes o métodos se puede llegar al objetivo marcado. Entre otros muchos requerimientos en una instalación eléctrica, se encuentran:

- Un transparente y fácil planteamiento de la resolución de la instalación.
- Larga vida de servicio eléctrico.
- Alta disponibilidad y continuidad del suministro.
- Alta seguridad y poca probabilidad de incendio.
- Flexibilidad para posibles cambios futuros.

Según Edvard Csanyi, miembro fundador del EEP (Portal de Ingenieros Eléctricos), lo más importante radica en que todos los componentes de la instalación diseñada estén suficientemente catalogados para resistir condiciones normales de operación, así como de falta.

Las blindobarras superan a los cables convencionales en muchos de estos requisitos, ayudando así al diseño de una instalación eléctrica de calidad y con una seguridad de suministro elevada, ya que tienen una gran resistencia tanto a la situación de operación normal (debido al revestimiento) como a las condiciones anormales de funcionamiento (cortocircuitos).

E.2 Definición

Las blindobarras reciben diversas denominaciones como electrobarras, electroductos, carriles electrificados, canalización eléctrica prefabricada. En inglés son conocidas como busway o busbar trunking systems.

Según [26], la blindobarra es un canal formado por una lámina metálica que contiene barras de aluminio o cobre con el propósito final de conducir una determinada corriente eléctrica. Constituye una alternativa viable a la distribución convencional de energía eléctrica.

De acuerdo con la NEMA, la blindobarra se define como un “Sistema de distribución eléctrica mediante elementos prefabricados compuesto por ramales de barras recubiertos de una carcasa protectora, incluyendo tramos rectos, ángulos, dispositivos y accesorios”

La figura E.1 muestra 3 blindobarras, con las láminas metálicas que transportan la energía eléctrica y el revestimiento que aísla al material conductor de los agentes externos y ofrece grandes ventajas sobre el aislamiento de los cables comunes.

E.3 Componentes

Las blindobarras gozan de una gran variedad de componentes y accesorios que en su unión ayudan a una mejor transmisión de energía eléctrica. La instalación resulta más sencilla ya que todos sus elementos, que están al principio bien diferenciados, se unen entre sí para acabar formando la canalización prefabricada.

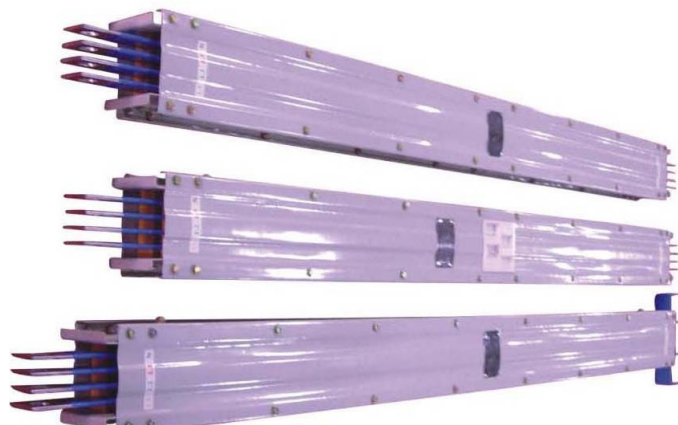


Figura E.1 Blindobarras.

A continuación, nombraremos los elementos tanto internos a la canalización en sí, como los accesorios exteriores que se agregan a la blindobarra para completar su funcionamiento:

- **Conductor:** Es el elemento encargado de transportar la energía eléctrica. El material puede ser de cobre (mejor conductor eléctrico, pero más pesado y caro) o aluminio (más barato y ligero, aunque requiere más espacio) en forma de barras y apoyados en aislantes orgánicos como se muestra en la figura E.2 (revestimiento epóxico). El conductor se encuentra dentro de una carcasa de acero. Normalmente, cada barra suele tener 4 conductores (3 fases+neutro).
- **Envolvente metálica:** Este elemento da el nombre a la blindobarra, ya que actúa como blindaje del conductor. Se trata de una carcasa metálica de acero inoxidable o aluminio que dota de un grado de protección elevado a la canalización, evitando contactos accidentales. Dispone de un sistema de antifuegos interno mediante combustión interna del material covalente que envuelve, espaciadores y soporte. Su sistema de refrigeración es bueno y esto provoca un ahorro de espacio por la disipación de calor, ya que en los cables se necesita un espacio vacío entre ellos por el calor que desprenden.
- **Alimentadores:** Son utilizados para suministrar a la blindobarra de corriente, a través de cajas de alimentación con terminales de cierre.
- **Cajas de conexión (tap-off box):** Son las encargadas de distribuir la corriente desde la blindobarras hacia elementos de consumo. Normalmente suelen estar situadas cada 0.5-1 m aunque son muy flexibles y personalizables ya que se pueden colocar en el lugar que se crea más conveniente, según la necesidad de la carga. Ofrecen la posibilidad de aprovechar la energía que circula en la blindobarra en cualquier punto de esta, manteniendo la potencia. Son accesorios que se conectan a la barra. Existe una gran variedad de unidades dependiendo del equipo al que se conecten, desde los 16 A hasta los 360 A. Estas cajas tienen la ventaja de que disipan bien el calor, por lo que la impedancia es muy baja y la protección IP, alta. Son dotadas de un mecanismo de bloqueo para que su control sea por parte del personal autorizado. Pueden conectarse y desconectarse mientras la blindobarra está energizada, por lo que no interrumpen el suministro y su operación es segura. Las tomas de derivación se encuentran situadas en los tramos rectos de la barra. En la figura E.3 se muestra su aspecto.
- **Soporte o colgador:** Son elementos fundamentales en la instalación ya que soportan el peso de la blindobarra, manteniéndola recta. Se utilizan tanto para la colocación horizontal de la blindo, como la vertical (con suspensión de soporte especial).
- **Aparamenta:** Engloba los elementos de protección para la canalización y los receptores (interruptores, fusibles...). Se conectan a través de una caseta para su protección, o una tap-off box. Con este método se eliminan los cables utilizados en la distribución convencional para conectar los equipos de protección.

- Accesorios para giros: Facilitan una mejor instalación de la blindobarra, acoplándose a las condiciones impuestas por el edificio. Entre otros destacan crucetas, codos (horizontales y verticales), flanges de conexión, herrajes para las esquinas, etc.
- Bus para gestión: Dotan a la canalización prefabricada de una capacidad de comunicación. Son elementos opcionales que, junto a las cajas de derivación, las de aparatos y los sistemas de bus interoperables forman redes integrales de comunicación. Estos sistemas ofrecen más seguridad (eliminación rápida de faltas), mejor rendimiento (registros de estado de maniobra y servicio, explotación económica...) y mejor continuidad.

En la figura E.5 se observa una canalización prefabricada que discurre a una determinada altura sobre el suelo. Muchos de los elementos anteriormente nombrados se encuentran adheridos al conducto. Estos accesorios se "conectan" o "añaden" a la barra en sí. Esto permite un fácil mantenimiento en caso de reparación o cambio de alguno de los elementos, ya que no hay que desmontar toda la estructura, sino simplemente la pieza a tratar. En dicha figura pueden encontrarse elementos como alimentadores (tanto intermedios como en el extremo), piezas de sujeción del canal, cajas de derivación para alimentar cargas o accesorios para las esquinas.

E.4 Tipos de blindobarras

Podemos encontrar una gama muy amplia de blindobarras que se ajustan a todas las especificaciones. Estas pueden ser impuestas por carga receptora (para luminaria, fuerza), por condiciones del establecimiento en el que se vayan a colocar o por corriente transportada.

A nivel general existen dos tipos de canalizaciones prefabricadas:

- Alimentadora: Actúa de forma parecida a un cable ya que alimenta energía eléctrica a un punto distante. Es decir, su objetivo radica en transportar potencia entre dos puntos establecidos. Suelen instalarse entre el centro de transformación y el cuadro general de distribución. Aunque hay una gran variedad

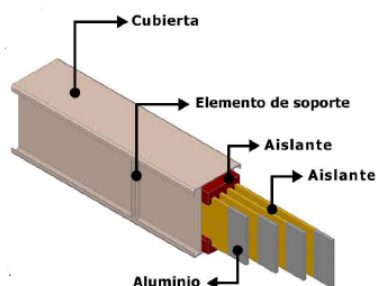


Figura E.2 Componentes internos de la blindobarra.

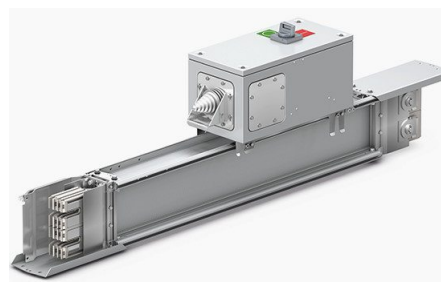


Figura E.3 Caja de conexión.

para satisfacer todos los requerimientos de diseño, existen fundamentalmente dos tipos de blindobarras alimentadoras, con la diferencia principal en el proceso de ensamblaje:

- Para interiores: Ofrece un alojamiento extruido de dos piezas con cubiertas de junta estándares.
 - Para exteriores: Goza de un sello a prueba de la intemperie alrededor de todos los componentes ensamblados. Una blindobarra para exteriores tiene también una junta especial y cubiertas de empalme para proteger las conexiones contra la intemperie.
- Tipo enchufe: Tiene varias salidas para conectar los diferentes dispositivos a la barra, a través de cajas de derivación. Resulta más costoso que el anterior puesto que en cualquier punto de la blindobarra se puede derivar la energía eléctrica que esta transporta. En la figura E.4 se muestra la principal diferencia entre ambas, que radica en la salida que ofrece la blindobarra tipo enchufe (la que se utilizará en nuestra instalación).

E.5 Características

Tras haber definido las blindobarras y sus componentes y haberlas clasificado, se procede en este apartado a analizar las características que posee este tipo de canalización, justificando así la viabilidad técnica de esta solución para la instalación eléctrica estudiada.

A continuación se exponen las principales características de los sistemas formados por blindobarras.

- Fácil instalación: La instalación de las blindobarras es muy sencilla, por lo que los tiempos empleados para este propósito son reducidos. Esto se debe a que, una vez implementada la barra, el resto de elementos se colocan fácilmente a lo largo de ella, sin necesidad de soportes adicionales, ni agujeros, ni herramientas especiales. Esto ocasiona que el coste en mano de obra se reduzca (se necesita menos

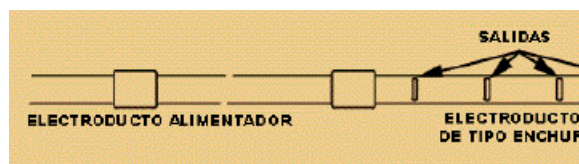


Figura E.4 Blindobarra tipo alimentadora y tipo enchufe.

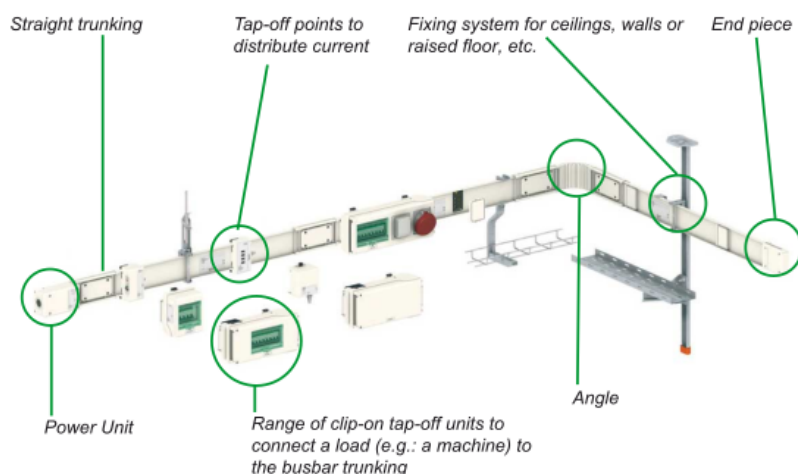


Figura E.5 Esquema de una canalización eléctrica prefabricada.

personal) y, por tanto, se reduzca el posible error cometido en la instalación. Se unen con facilidad a la generación, transmisión o conversión de energía eléctrica, al igual que con los controles de potencia consumida. El control de costos en la instalación es sencilla, ya que hay una clara división de piezas a implementar. Mayoritariamente los componentes del sistema de blindobarras son poco pesados, por lo que facilita aún más su instalación

- **Reducción de espacios:** El diseño de las blindobarras es compacto. El espacio que requieren para su instalación es menor que los cables, ya que las blindobarras incorporan un sistema de disipación de calor interno mientras que los cables requieren un espacio vacío entre ellos debido al calor que estos emiten al medioambiente. Además, mediante una blindobarra puedo alimentar simultáneamente varias cargas, lo cual ahorra espacios y requiere menos paneles de distribución (también ahorra costes) y la eliminación de cables en paralelo. Una vez se instala el alimentador principal de la barra, el resto de cuadros pueden conectarse fácilmente, esto elimina los alimentadores y ramales secundarios usados a menudo en los sistemas convencionales de distribución de energía. Para la instalación de cables necesitamos uno o más circuitos por planta mientras que con blindobarras con un circuito podemos cubrir todas las alturas del edificio. Este ahorro en espacio resulta de gran importancia en salas de equipos pequeñas o en aquellas instalaciones en las que la energía eléctrica transmitida ha de ser grande.
- **Alta seguridad en la operación:** Los sistemas de blindobarras destacan por la gran seguridad, tanto térmica como mecánica, que proporcionan en su operación. En cuanto a su seguridad mecánica, tienen un alto grado de protección IP (IP55) debido al revestimiento metálico, que aísla a la blindobarra del posible daño causado por los roedores. La implantación de sistemas de antifuego interno (fire barriers) incrementa la estabilidad térmica del sistema, ya que la carga calorífica es mínima. No se utiliza una gran cantidad de materiales plásticos aislantes, por lo que el peligro en caso de incendio se reduce notablemente, minimizando además el efecto del fuego. Por último, los dispositivos y enclavamientos que se añaden a la blindobarras están exentos de riesgos debido a sus conexiones especiales (tap-off box). Con los accesorios estandarizados, se eliminan posibles errores humanos al ser una parte integral de las barras. La seguridad que ofrecen estos sistemas se ha convertido en un aliciente para contratistas y usuarios finales, que dan una gran importancia a esta características, ayudando así a la gran comercialización de este tipo de canalizaciones.
- **Flexibilidad y adaptabilidad:** Esta propiedad es una de las más importantes de los sistemas compuestos por blindobarras. Son completamente flexibles y adaptables a modificaciones en las cargas o en el edificio, ya que todos los elementos que se conectan a la canalización prefabricada pueden moverse fácilmente con total libertad. Esto ocurre porque en la fabricación se utilizan tamaños estándares de todos los elementos, lo que nos permite añadir cualquier componente sin perturbar el sistema. Pese

a estar diseñados para unas especificaciones concretas, las blindobarras se adaptan a reformas en la ruta, posibles reubicaciones o ampliaciones futuras y se pueden recuperar para otras instalaciones. En consecuencia, estos sistemas tan versátiles a modificaciones y actualizaciones se pueden implantar prácticamente en cualquier tipo de estructura. Esta ventaja se encuentra muy potenciada por el uso de las cajas de conexión, a través de las cuales se alimentan a las cargas. Estas se pueden cambiar, añadir o eliminar en cualquier momento sin necesidad de alterar el suministro. Si, por algún motivo, se decide cambiar la carga de ubicación, basta con enchufar a la blindobarra la caja de conexión en un lugar cercano al receptor. Por este motivo la distribución de energía eléctrica resulta fácil y eficiente. En la figura E.6 que refleja un ejemplo de instalación, se puede comprobar la versatilidad de este tipo de sistemas de distribución.

- **Estabilidad de cargas:** Son capaces de distribuir la energía a carga completa, sea cual sea la situación, incluso en condiciones extremas de temperatura. Además, las blindobarras tienen un buen comportamiento electromagnético (bajas emisiones y buenas características CEM), debido a que las cajas blindadas sirven de pantalla para el campo eléctrico, generando un campo magnético pequeño. Por último, la impedancia de las blindobarras (parámetros R y X) no dependen de la longitud. Esto asegura cargas iguales en cada fase.
- **Durabilidad:** Debido a las buenas propiedades del revestimiento metálico (buena refrigeración de conductores, estabilidad térmica y mecánica...) las blindobarras mantienen sus características durante mucho tiempo. Esto permite que sean aprovechables en otras instalaciones mientras que la instalación eléctrica diseñada para su implementación tendrá una larga vida de suministro continuo y seguro.
- **Mantenimiento poco costoso:** Pese a que el mantenimiento es obligatorio cada cierto tiempo (limpieza de los elementos y recambio si procede) este es medianamente reducido y poco costoso. Esto se debe a que el sistema de blindobarras está formado por varios elementos independientes y unidos entre sí, por lo que se realiza un mantenimiento individual de cada uno de ellos, pudiendo comprobar con exactitud los posibles daños en los materiales.
- **Buen acabado:** Al ser un método de distribución de energía eléctrica moderno, también se cuida su estética, ya que los cables pueden cruzarse entre sí mientras que el acabado de las blindobarras no es engorroso. Además, pueden pintarse, por lo que satisfacen las condiciones de estética del edificio. Este buen acabado ofrece una gran claridad en la topología de la red.
- **Pérdidas reducidas:** Esta característica es otra de las consecuencias del buen sistema de refrigeración del que gozan las blindobarras. Permite una gran capacidad de transmisión de energía sin generar grandes pérdidas caloríficas, por lo que muchas veces son apropiadas para el transporte de corrientes

elevadas. Esto se debe a que las blindobarras tienen una baja resistencia (y también impedancia) que provoca unas pérdidas Joule y por efecto skin reducidas.

- **Planteamiento fácil y transparente:** Aunque es necesario un estudio previo, el diseño y cálculo de las blindobarras es bastante sencillo, tal y como se muestra en el Anexo de cálculo, ya que una vez elegida la corriente nominal de funcionamiento en el catálogo del fabricante, es fácil comprobar el criterio de tensión y de cortocircuito. Además las características técnicas de diseño y el precio son datos ofrecidos por el fabricante y que por tanto se conocen para la decisión.
- **Buena resistencia a cortocircuito:** Es otra de las propiedades que destacan de las blindobarras. Por el revestimiento metálico, que es un material rígido, soportan muy bien las condiciones de falta. En el caso de los cables, dicha resistencia está limitada por su tamaño mientras que las blindobarras, con baja carga de fuego, están muy protegidas para estas condiciones. Esto las hace mucho más seguras.
- **Caída de tensión reducida:** Como ya se ha comentado, las barras requieren un menor espacio entre ellas, lo que reduce la reactancia inductiva. Esto provoca que tengan una menor impedancia y por tanto que la caída de tensión, para una misma longitud que para cables, sea menor. Esta propiedad hace que las blindobarras sean apropiadas para distancias muy largas, ya que seguramente no traspasa los límites marcados por el REBT. Esta baja caída de tensión también provoca una regulación de tensión buena.
- **Elementos estandarizados:** Todos los elementos que conforman el sistema de blindobarras se encuentran normalizados y estandarizados en cualquier catálogo. Esto ayuda a la flexibilidad en la distribución de energía, puesto que las barras pueden adaptarse perfectamente a las condiciones de potencia o carga impuestas (diferentes corrientes nominales). Además, esta estandarización ayuda sobremanera a la rapidez de instalación de todos los elementos, que se unen con gran facilidad. Pese a que tienen una mejor respuesta ante cambios de temperatura que los cables tradicionales, la intensidad nominal de la blindobarra se ve afectada conforme se eleva la temperatura. En la figura E.7 se observa la fácil conexión que se efectúa en dos tramos de blindobarra.
- **Buen comportamiento medioambiental:** Las blindobarras tienen bajas emisiones electromagnéticas y de gases. Proporcionan una protección al medioambiente, ya que, al estar libres de halógenos, no emiten ningún tipo de gas tóxico. Las barras moldeadas ofrecen una alta protección en términos medioambientales.

E.6 Comparativa con cables convencionales

Tras haber realizado un análisis de todas las características y propiedades de las blindobarras, en este apartado se muestra la tabla resumen comparativa E.1 en la que se exponen las características de los cables convencionales y de las blindobarras.

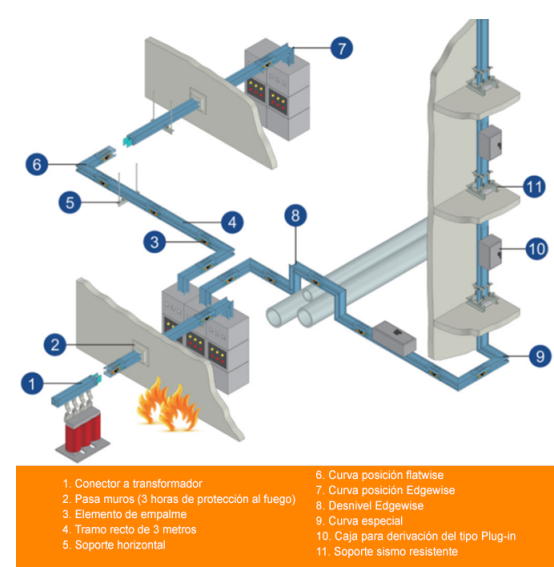


Figura E.6 Ejemplo de instalación de un sistema de blindobarras.



Figura E.7 Conexión de dos tramos de blindobarra.

Tabla E.1 Comparación cable-blindobarra.

Comparación de características en cables convencionales y blindobarras		
Característica	Cable convencional	Blindobarra
Planteamiento	Puntos de consumo fijos y conocidos	Puntos de consumo flexibles. Necesidad de conocer la carga total
Ampliaciones y modificaciones	Interrupciones de operación, costosos riesgo de dañar aislamiento	Bajo coste al poder cambiar las cajas de derivación sin interrumpir el suministro
Requerimientos de espacio	Mayor necesidad de espacio por el radio de curvatura y el espacio requerido entre cables paralelos (calor emitido)	Diseño compacto con la ayuda de accesorios para giros y esquinas
Respuestas ante la temperatura y factor de reducción	Depende del método de colocación y acumulación de cables. En cuanto a su factor de reducción, es necesario calcularlo	Gran capacidad de refrigeración por el revestimiento metálico. Intensidades nominales directamente expuestas en el catálogo
Libre de halógeno	El aislamiento PVC no se encuentra libre de halógenos. Los cables libres de halógeno son más costosos	Las blindobarras siempre están libres de halógenos.
Carga de fuego	Para cables PVC, 10 veces mayor. Para cables PE, 30 veces mayor que las blindobarras	Carga de fuego muy reducida
Montaje verificado	Seguridad operacional dependiente de la calidad de diseño, necesidad de ensayos para comprobar su correcto funcionamiento	Sistema completamente testeado
Configuración de la red	Gran acumulación de cables en el punto de alimentación por el suministro radial de la instalación	Configuración lineal con puntos de consumo organizados, alimentados a través de cajas de derivación
Flexibilidad	Gran esfuerzo para cambiar las cargas debido a los numerosos empalmes, puntos de sujeción, mangas, líneas paralelas, etc.	Cajas de derivación totalmente modificables, que podrán ser reemplazadas en cualquier momento (elementos móviles)
Interferencia electromagnética	Gran interferencia entre cables estándares. En los cables unipolares aislados, gran dependencia del tipo de agrupamiento.	Encapsulamiento por el revestimiento metálico
Peso	Comparado con las blindobarras, hasta 3 veces mayor	Peso reducido
Capacidad de transmisión	El tipo de instalación, las condiciones de operación y la acumulación determinan los límites	Gran capacidad de transmisión de corriente
Instalación	Facilidad en la instalación con simples herramientas y reducido tiempo de instalación	Instalación tediosa solo posible con numerosas herramientas especializadas. Tiempos de instalación considerablemente largos

E.7 Factores a considerar

A la hora de diseñar un sistema de distribución eléctrica para una instalación concreta existen una serie de aspectos importantes que han de ser considerados y que pueden marcar la elección de un sistema u otro de distribución de la energía:

- Tipo, uso y forma del edificio: Sobre todo la altura del edificio es un factor determinante, al igual que la importancia que tenga dicho establecimiento.
- Concentraciones de carga y posibles rutas de distribución de energía
- Localización de transformadores y cuadros generales de distribución.
- Conexiones del edificio en estudio y sus valores, según el tipo de uso del establecimiento.
- Condiciones impuestas por las autoridades respecto el edificio.
- Requisitos de la compañía distribuidora de red.

Ahora bien, si se decide implementar el sistema de blindobarras para la distribución de energía de una instalación eléctrica se deben tener en cuenta los siguientes factores a la hora de planear, seleccionar y diseñar las canalizaciones prefabricadas más convenientes:

- Requerimiento de potencia de las cargas a alimentar: Es sin duda el factor más importante para elegir la intensidad nominal de las blindobarras. Se ha de conocer la potencia eléctrica exigida por cada una de las cargas que se conecten al sistema.
- Máxima caída de tensión permitida: Importante para asegurar que estamos cumpliendo los requisitos marcados por el REBT y que los consumidores reciban un suministro óptimo.
- Valor nominal de cortocircuito mínimo permitido: Permite la elección de protecciones en el tramo.
- Grado de protección requerido: El grado IP que proporcionan estos sistemas es bastante elevado, por lo que posiblemente no habrá problemas en este aspecto.
- Configuración del sistema de distribución: Con esto se conocen las partes del edificio en los que queremos implementar esta solución.
- Importancia del suministro: Puede decantar la decisión a favor de las blindobarras.
- Protección contra sobrecarga y cortocircuito: Exigida por el REBT, instalaremos los dispositivos de protección sobre la blindobarra.
- Posición de receptores: Para colocar las cajas de derivación.
- Ubicación de la fuente de alimentación: Las blindobarras pueden conectarse fácilmente a la red de alimentación, como se muestra en la figura E.8.

- Tipo de suministro eléctrico presente
- Material conductor utilizado: Si se prefiere aluminio o cobre.
- Neutro: Régimen de neutro utilizado y conexión a tierra requerida.
- Entorno: Si se requiere la blindobarra para exteriores o interiores.
- Tipos y números de dispositivos enchufables requeridos.
- Método de colgado: Para el estilo de colgador que se requiere.
- Temperatura ambiente a lo largo de la blindobarra: Se debe considerar el factor reductor de intensidad nominal debido a la temperatura.
- Previsiones de ampliación o modificación: Permitirá planear el sistema de electroducto para eventos futuros. Cabe la posibilidad de instalar cajas de derivación fija en el caso de no prever ningún cambio en el sistema.

Toda esta información analizada permite elegir a través del catálogo la solución más adecuada para la instalación estudiada. Pueden existir diferentes tipos de blindobarras en el mismo sistema, según las necesidades de carga, dado que los fabricantes ofrecen una amplia gama de canalizaciones prefabricadas capaces de dar suministro en cualquier tipo de situación. Al estar estandarizadas, se pueden acoplar fácilmente entre ellas.

E.8 Aplicaciones

Debido a la multitud de ventajas que ofrecen los sistemas de canalizaciones eléctricas prefabricadas, estos se instalan en establecimientos de muy diversa índole adaptándose a los requisitos impuestos por los mismos.



Figura E.8 Blindobarras en subestación eléctrica.

Las dos cualidades que tienen las blindobarras y que favorecen el uso de estas para diversas aplicaciones son su flexibilidad y su sencilla instalación. Algunas de estas aplicaciones se muestran en la figura E.9.

Como se ha expuesto en el apartado E.4 las blindobarras pueden ser utilizadas tanto para interconexiones entre transformadores y cuadros generales (transporte de energía) como en el reparto del suministro a distintos puntos de consumo (distribución de energía). El primero de sus usos, en el que emplearíamos blindobarras tipo alimentador, es muy recomendable puesto que la corriente transportada es elevada y se necesitarían cables de gran sección que, además de resultar más costosos, tendrían problemas para cumplir con los distintos criterios de dimensionamiento. Para el segundo uso (distribución) se emplean las blindobarras tipo enchufe, dotando de flexibilidad al sistema mediante el uso de las cajas de derivación de emplazamiento variable.

Además se comercializan determinados electroductos que son muy apropiados para dar potencia a equipos que suelen desplazarse con frecuencia, dado el reducido tiempo que supone la instalación de estos. Equipos móviles como grúas, polipastos, cintas transportadoras o líneas textiles entre otros suelen recibir suministro de energía eléctrica a través de las blindobarras.

Hemos comprobado que las canalizaciones prefabricadas son muy polivalentes ya que se pueden utilizar en todo tipo de situaciones. En lo que a instalación en edificios respecta, tiene un amplio rango de uso, utilizándose para edificios de carácter comercial, industrial y residencial, destacando los siguientes:

- Edificios y naves industriales: En el sector industrial son muy utilizados los sistemas de blindobarras debido a la elevada corriente que se ha de transportar y la utilización del espacio para otras labores. Destacan los usos en la industria química y automovilística.
- Hospitales y clínicas: En estos establecimientos es fundamental la continuidad del suministro. Es por

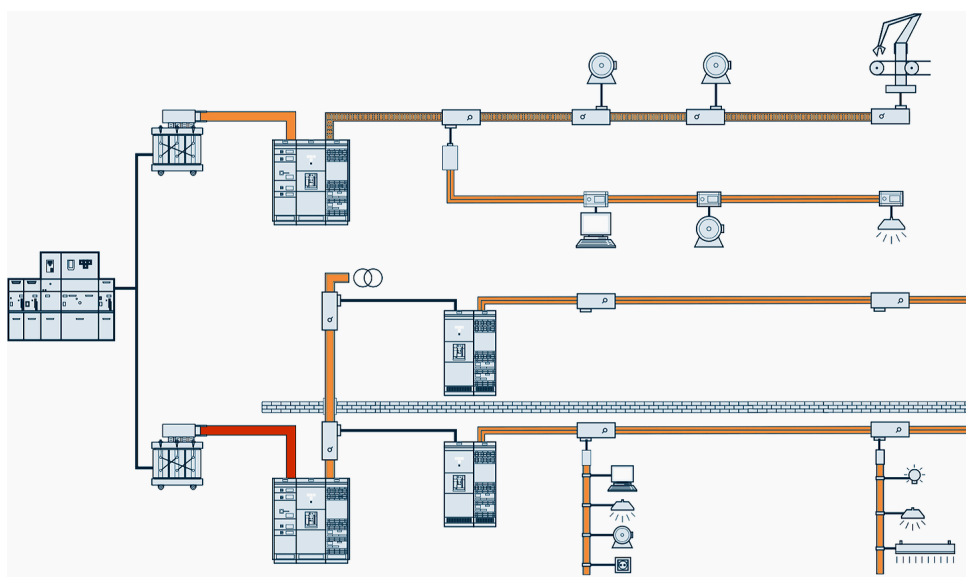


Figura E.9 Posibles aplicaciones de los sistemas de blindobarras.

ello que suele optarse por las blindobarras, que proporcionan una alimentación segura y con buena resistencia a cortocircuitos.

- Centro de datos: Las canalizaciones prefabricadas resultan perfectas para este tipo de usos puesto que el espacio es fundamental en estos edificios de pequeñas dimensiones. En la figura E.10 se expone un ejemplo de instalación de blindobarras en un data center en Italia.
- Centros comerciales, pabellones, aeropuertos: En definitiva, para edificios grandes que alberguen a una gran cantidad de personas es recomendable el uso de estos sistemas, pues proporcionan seguridad y resultan más estéticos.
- Edificios residenciales de gran altura: Las blindobarras tienen la ventaja de poder alimentar varias plantas con una sola canalización, lo cual ahorra espacio y gastos en líneas independientes para cada carga.
- Remodelaciones y ampliaciones: Los electroductos se adaptan fácilmente a variaciones en el edificio o a cambio de emplazamiento de consumidores. Además, estos sistemas son capaces de incorporarse en sistemas eléctricos ya implantados, ya que se basan en uniones de diferentes elementos. La conexión a transformadores resulta sencilla y fiable.

Por último, resulta oportuno comentar que gracias a la envolvente metálica que protege el conductor, las blindobarras son también utilizadas en exteriores, donde han de soportar unas condiciones más desfavorables que dentro del edificio. Su uso, por tanto, puede ser de interior o a la intemperie, siendo el primero el más común.



Figura E.10 Instalación de blindobarras en centro de datos, Italia.

Índice de Figuras

1.1	Esquema simple de la solución empleando blindobarras	11
1.2	Esquema simplificado para la solución de líneas independientes	12
1.3	Grupo electrógeno fijo	18
1.4	Sistema de Alimentación Ininterrumpida	18
1.5	Ejemplo de Cuadro General de Baja Tensión	22
1.6	Bandeja perforada para alojamiento de cables eléctricos	24
1.7	Tubo PVC rígido	24
1.8	Cable 0.6/1 kV de tipo RZ1-K(AS)	26
1.9	Batería de condensadores	29
1.10	Método de los nodos para el dimensionado de blindobarras	44
A.1	Criterio económico	62
A.2	Triángulo de potencias para dos valores de φ	65
A.3	Diagrama fasorial	65
A.4	Límites de caída de tensión en porcentajes	86
A.5	Valores de K según aislamiento y material	88
A.6	Curvas de disparo de un interruptor magnetotérmico	90
A.7	Esquema de régimen de neutro TT	102
A.8	Resistividad del terreno en función del suelo	102
E.1	Blindobarras	176
E.2	Componentes internos de la blindobarra	178
E.3	Caja de conexión	178
E.4	Blindobarra tipo alimentadora y tipo enchufe	179
E.5	Esquema de una canalización eléctrica prefabricada	179

E.6	Ejemplo de instalación de un sistema de blindobarras	183
E.7	Conexión de dos tramos de blindobarra	183
E.8	Blindobarras en subestación eléctrica	186
E.9	Posibles aplicaciones de los sistemas de blindobarras	187
E.10	Instalación de blindobarras en centro de datos, Italia	188

Índice de Tablas

1.1	Tabla resumen CGS1B1 red	35
1.2	Tabla resumen CGS1B1 grupo	36
1.3	Tabla resumen CGS1B2 red	37
1.4	Tabla resumen CGS1B2 grupo	37
1.5	Tabla resumen del CGS1B3 red	38
1.6	Tabla resumen del CGS1B3 grupo	39
1.7	Tabla resumen CGS1B4 red	39
1.8	Tabla resumen CGS1B4 grupo	40
1.9	Tabla resumen alimentación cuadros laboratorios desde CP3B2AFPL red	41
1.10	Tabla resumen alimentación cuadros laboratorios desde CP3B2AFPL grupo	41
1.11	Tabla resumen alimentación cuadros laboratorios desde CP3B2AFPL SAI	42
1.12	Blindobarras CGS1B1 red	44
1.13	Blindobarras CGS1B1 grupo	45
1.14	Cables utilizados en alimentación directa a cuadros mediante blindobarra CGS1B1	45
1.15	Blindobarras CGS1B2 red	46
1.16	Blindobarras CGS1B2 grupo	46
1.17	Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra CGS1B2	47
1.18	Blindobarras CGS1B3 red	47
1.19	Blindobarras CGS1B3 grupo	48
1.20	Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra CGS1B3	48
1.21	Blindobarra CGS1B4 red	49
1.22	Blindobarra CGS1B4 grupo	49
1.23	Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra CGS1B4	50
1.24	Blindobarra laboratorio red	51

1.25	Blindobarra laboratorio grupo	51
1.26	Blindobarra laboratorio SAI	52
1.27	Cables utilizados en alimentación mediante blindobarra laboratorio	52
1.28	Tabla resumen blindobarras	53
E.1	Comparación cable-blindobarra	184

Índice de Códigos

Bibliografía

- [1] Areatecnología. URL <http://www.areatecnologia.com/electricidad/puesta-a-tierra.html>.
- [2] Bricos. URL <https://bricos.com/2013/07/electroductos-caracteristicas-beneficios-y-clases/>.
- [3] CS Electric. URL <https://cselectric.co.in/blog/advantages-of-busbar-trunking-system-over-conventional-cable-distribution-systems/>.
- [4] Edvard Csanyi, 30 de Enero de 2016. URL <http://electrical-engineering-portal.com/why-i-prefer-more-busbar-trunking-systems-and-not-cables>.
- [5] Edvard Csanyi, 17 de Agosto de 2016. URL <http://electrical-engineering-portal.com/busbar-trunking-system>.
- [6] Electricaplicada. URL <https://www.electricaplicada.com/ventajas-busbar-trunking-en-comparacion-con-cables/>.
- [7] Esds. URL <https://www.esds.co.in/blog/busbar-trunking-system-for-electrical-power-distribution/#sthash.kGVL6gY1.M8xOPlDD.dpbs>.
- [8] Antonio Gómez Expósito. Apuntes de sistemas eléctricos de potencia.
- [9] IndustriasSDT. URL <http://docplayer.es/37751711-Blindobarras-sistemas-de-distribucion-de-energia.html>.
- [10] Ingesco. URL <https://www.ingesco.com/es/productos/conductores-de-bajada>.
- [11] Legrand. URL <http://www.legrand.es/proteccion/distribucion-electrica/canalizacion-electrica-prefabricada>.
- [12] Pedro Cabrera López. Desarrollo de una metodología y herramienta de cálculo de instalaciones eléctricas de baja tensión.

- [13] Luna Moreno Díaz. Análisis comparativo de herramientas de cálculo de instalaciones de baja tensión. 2015.
- [14] Pogliano. URL <http://www.poglianobusbar.com/es/empresa/historia/>.
- [15] Proempleo, Diciembre de 2003. URL <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1769-seguridad-canalizaciones-electricas-prefabricadas.aspx>.
- [16] Proempleo, Junio de 2004. URL <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1671-nuevo-metodo-calculo-secciones-cables-baja-tension.aspx>.
- [17] Pedro Cruz Romero. Apuntes de distribución de energía eléctrica.
- [18] Schneider Electric. URL <https://www.schneider-electric.com.ar/es/product-subcategory/1310-canalizaciones-eléctricas-prefabricadas/>.
- [19] Siemens. URL <https://w3.siemens.com/powerdistribution/global/EN/lv/product-portfolio/sivacon/8ps/application-examples/Pages/application-examples.aspx?tabcardname=flexible20power20supply>.
- [20] Tadi S.A. URL <http://www.tadisa.com.ar/blindobarras.php>.
- [21] Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión. Instrucciones técnicas complementarias (itc) bt 01 a bt 51. *Real Decreto*, 842, 2002.
- [22] US. URL <http://guiasbus.us.es/bibliografiaycitas/apa>.
- [23] US. Memoria descriptiva de instalaciones. universidad de sevilla, Mayo de 2017.
- [24] Wikipedia. Ecuaciones de maxwell — wikipedia, la enciclopedia libre, 2018. URL https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ecuaciones_de_Maxwell&oldid=107033798. [Internet; descargado 19-junio-2018].
- [25] Wikipedia. Historia de la electricidad — wikipedia, la enciclopedia libre, 2018. URL https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia_de_la_electricidad&oldid=107302963. [Internet; descargado 7-mayo-2018].
- [26] Wikipedia contributors. Bus duct — Wikipedia, the free encyclopedia, 2018. URL https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bus_duct&oldid=823718311. [Online; accessed 13-May-2018].

Índice alfabético
